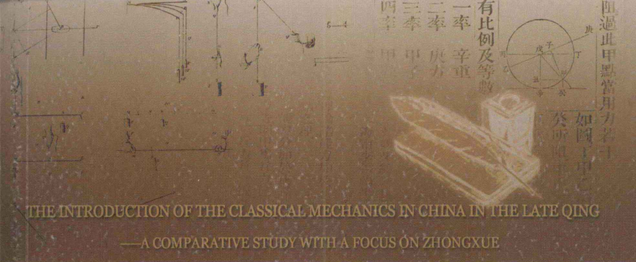
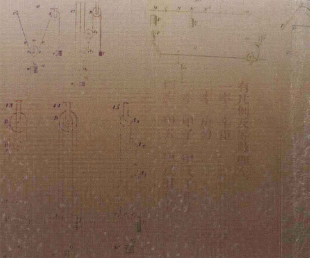


晚清经典力学的传入

——以《重学》为中心的比较研究

聂馥玲 著

山东教育出版社



经典力学在今天几乎已经成为科学常识，但
书研究它传入中国的过程，这是科学史研究中需
关注的“重中之重”！

——刘



ISBN 978-7-5328-7705-8

定价：48.00元

THE INTRODUCTION OF THE CLASSICAL MECHANICS IN CHINA IN THE LATE QING

—A COMPARATIVE STUDY WITH A FOCUS ON ZHONGXUE

晚清经典力学的传入

——以《重学》为中心的比较研究

聂馥玲　著

山东教育出版社

图书在版编目(CIP)数据

晚清经典力学的传入:以《重学》为中心的比较研究/聂馥玲著.—济南:山东教育出版社,2012
ISBN 978—7—5328—7705—8

Ⅰ.①晚… Ⅱ.①聂… Ⅲ.①力学—物理学史—中国—清后期 Ⅳ.①03-092

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 004403 号

晚清经典力学的传入

——以《重学》为中心的比较研究

聂馥玲 著

主　管:山东出版传媒股份有限公司
出版者:山东教育出版社
(济南市纬一路 321 号　邮编:250001)
电　话:(0531)82092664　传真:(0531)82092625
网　址:http://www.sjs.com.cn
发行者:山东教育出版社
印　刷:山东新华印刷厂潍坊厂
版　次:2013 年 6 月第 1 版第 1 次印刷
规　格:787mm×1092mm　16 开本
印　张:16 印张
字　数:220 千字
书　号:ISBN 978—7—5328—7705—8
定　价:48.00 元

(如印装质量有问题,请与印刷厂联系调换)
印厂电话:0536—2116806

序言

从19世纪50年代末开始，在短短十数年内出版了《几何原本》、《代微积拾级》、《代数学》、《重学》、《谈天》、《化学鉴原》、《植物学》、《地学浅释》、《金石识别》、《代数术》等多部汉译西方科学著作，涉及数、理、化、天、地、生各学科。这拉开了我国自明末清初后又一次大量译介西方科技著作的新帷幕。

西方科学知识在中国的传播，对晚清社会产生了巨大的影响。晚清汉译西方科学著作的活动是晚清科技史、社会史、经济史、文化史、语言史、交流史、宗教史等多学科共同关注的焦点，视角多种多样，文献汗牛充栋。从科技史、科技知识传播与翻译史的角度进行研究的重点和主题主要有：科技文献翻译史研究，晚清具体的汉译活动的研究，传入的科技著作本身及其成果的研究，新科技术语的确定与演变的研究，中国科技的近代化历程研究，关于译者、图书出版及相关机构等方面的研究，等等。

晚清科学著作翻译方法与理论的实证研究及相关的科技传播与科技文化研究是近几年我们着力进行的一个新研究方向。一个基本认识是：晚清科学译著的翻译方法、理论、技术处理与翻译水平直接关系到西方科技知识在中国的传播方式、传播速度和本土化过程，也影响到中国科学的近代化历程。要想对晚清传入的科学著作的翻译情况有一个整体的认识，要想对这些译著的翻译水平、编译方式以及对原著内容的选择、取舍，还有与传统知识的融合情况等有一个全面的理解，就需要做深入细致的个案研究，也需要在个案基础上进行综合研究。目前迫切需要深入到原著和译著内部进行实证研究，这是基础。没有实证研究，只能停留在表面泛论上。要做好实证研究，必须对著作的科学内容本身有深刻的理解，对当时的科

学背景和科学内史有全面的把握，需要科学史与翻译学两方面双管齐下。这项研究对于全面理解晚清的科学翻译活动、翻译水平、翻译方法与理论是不可或缺的，是对以往中国科技史与中国科技翻译史研究的一个补充，也是中国科学史和中国翻译史研究需要下大力气做的工作。另外，晚清的科技翻译对日本产生过重要影响，中日两方有互动关系，当时确定的术语、概念等有不少沿用至今，研究晚清科技翻译也具有重要现实意义。

聂馥玲的这部《晚清经典力学的传入》是此项研究的成果之一。该书以李善兰和艾约瑟翻译的《重学》为中心，涉及到晚清西方力学传播的整体情况。西方力学知识在中国的传播，始于明清之际。明末清初传入的主要是古典力学知识，代表性的译著有邓玉函与王徵合译的《远西奇器图说录最》(1627)及南怀仁的《新制灵台仪象志》(1674)等。乾隆年间由传教士编写的《历象考成后编》(1742)开始介绍牛顿力学的一些内容。至于晚清，咸丰七年(1857)出版了伟烈亚力与王韬合译的《重学浅说》。接着，咸丰九年出版了艾约瑟(J. Edkins，1823—1905)与李善兰(1811—1882)合译的《重学》，系统介绍西方近代力学。其后，“静重学”、“动重学”、“水重学”、“气重学”、“流质重学”、“天重学”等等力学词语与知识一再出现在各种著作和期刊杂志中。晚清五六十年间，西方近代力学在中国传播范围广泛，影响深远。

《重学》的底本是英国学者胡威立(William Whewell，1794—1866)的名著《初等力学教程》(*An Elementary Treatise on Mechanics*)。《初等力学教程》是专门为剑桥大学所写的一部教科书，1819年首次出版。该书以微积分为数学工具，在英国与欧洲大陆因牛顿与莱布尼兹微积分发明权之争而在数学上长期分离之后，首次尝试在英国的物理学教学中引进欧洲大陆的数学方法与数学符号，开创了新局面，甫一出版，即备受欢迎，作者后来又多次修订再版，成为名著。将这样一部著作译成中文，确实是一个精心的选择。《重学》译自该书第5版(1836年出版)，其内容包括“静重学”和“动重学”，即静力学和动力学两大部分，向中国人介绍了崭新的力学知识体系。《重学》出版后，备受中国学者重视，成为传播西方近代力学的重要文献。

《重学》是晚清力学知识传播与发展的起点和重点，因此，以《重学》为中心展开研究，实属必然。研究西方力学在晚清的传播，必须先从《重学》

入手。《重学》不仅奠定了整个晚清力学的基础,而且也是晚清重要的力学著作。不论是晚清力学史,还是晚清科技翻译史,抑或晚清科学传播史,从哪个角度看,《重学》都有重要的研究价值。关于《重学》有一系列问题需要深入研究,这并不是一件容易的事情。

自 2007 年开始,聂馥玲专注于对《重学》的研究,先后发表相关论文十多篇。目前呈现在读者面前的这部著作,是她过去五六年研究工作的阶段性总结,体现了她研究晚清力学著作翻译与力学知识传播史的一些重要成果。笔者认为 ,以下几方面的工作特别重要:

第一,深入到文本内部的比较研究。作者搜集了《重学》的各种版本,又到英国调查了胡威立《初等力学教程》的各种版本及其衍生著作,并下功夫做了细致的比较工作。一方面比较研究了《重学》的各种汉文版本,发现了大量差异。如金陵书局本(1855 年刊行)与美华书馆本(1867 年刊行)之间就存在着大量不同,不仅图文与公式中英文字母对应的汉字不同、有些插图差别也很大,而且连文字表述、公式表达也有不少互异之处。另一方面认真比较了汉译本与英文底本,也发现大量问题,汉译本存在大量删节或概要简写的现象,同时也有增加一些必要的解释与说明的现象,因而二者差别很大。与当时翻译的其他科技书籍相联系,可以肯定地说,这是当时科技翻译的一个特点。例如,艾约瑟与李善兰合译的《谈天》也有同样的现象。

第二,关于科技翻译的一些具体问题。因为有了深入比较研读英文底本与汉文译本的基础,因而能够具体讨论翻译的问题与特点。比如,术语的选择与凝练,旧术语的借用、拓展与淘汰,新术语的创译,从而归纳出术语翻译的原则与方法;又如,对原著内容的取舍、增补情况的考察;再如,翻译存在的问题与错误,比如概念方面存在的混乱现象等等;还有,文化差异对翻译的影响等等。

第三,力学术语的演变与发展。书中不仅整理了《重学》中大量的力学术语,对前人的研究进行了补充,并进一步研究了《重学》中所创译的力学术语在晚清的传播及演变情况。

第四,关于晚清力学的引入、传播与本土化过程。作者细致梳理了晚清力学的整体情况,说明了力学知识的传播过程与影响。以《重学》文本及其内容的传播为中心,分析研究了晚清各种各样与力学相关的著作,包括

译著、中国人撰写的著作以及一些相关的数学著作等等，并从对比研究中总结出一些当时中国学者理解西方力学的特点，讨论力学知识在晚清传播的程度，等等。

前面已提到，晚清科技翻译问题是多学科共同关注的课题，但是笔者始终认为，科技史学者应该投入更多的研究，因为科技文献与其他文献翻译有很大的不同，不仅有自己的特点，而且受到科技内容本身的限制，而科技史研究者对科技内容有更为深刻的理解与把握。从科技史的角度研究晚清科学译著的翻译可以补充翻译学、语言学等研究中的不足，对认识中国学者理解及处理全新知识的独特方式，不失为一个好的研究视角。

当然，需要特别指出的一点是：这样的研究必须能够有坐得下来的决心和功夫，必须认认真真地、实实在在地去细致阅读、分析、研究，因而费时费力，出成果慢，绝不是投机取巧能做得好的。在目前的学术环境中要做到这点并非易事。本书作者做到了这一点，难能可贵。相信本书将会是从科技史角度研究科技翻译的重要著作。

是为序。

郭世荣
于内蒙古师范大学科学技术史研究院
2012年2月10日

引 言

一、晚清科学史研究的一种视角:翻译与传播

西方科学在中国的传播经历了两次西学东渐,一次是明末清初,一次是晚清。从明清两朝接受西方科学的历史来看,中国人对西学的理解和看法似乎经历了这样一种进路:从抵制到接受,从物质层面到学理层面,最后到全面接受西学。与此相应地,经历了从"西学中源"到"会通中西"最后到"全面西化"的融汇中西文化的尝试。在这一过程中,晚清(1840—1911)西方科学的译介与传播具有一定的特殊性,因为它既不同于明末清初的"会通"时期,又不同于20世纪20年代之后的全面西化时期。这一时期,西方科学传播的深度、人们看待西方科学的态度和理解西方科学的程度如何,则是理解中国科学近代化历程的关键的问题。尤其是中国学者对西方科学的理解与接受程度,是理解西学对中国社会的影响的一个重要方面。正如费正清在《剑桥中国晚清史》导言中所言:"虽然历史学界关注的中心问题,每个时代各有不同,但就这个近代而言……一个需要阐明的重大问题就是外来影响的程度和性质。"[1]然而,西学东渐研究的欠缺之一是:"西书内容有待于进一步清理。许多西书,人们只闻其名,不知其实,其译自何书,内容如何,与原书有何区别均不甚了了。"[2]因此,迫切需要对西方科学译著的内容、底本,以及译著与原著的差异等方面进行研究。

就力学而言,在西方科学中是最早独立的学科之一,并成为近代科学

---

① 费正清.剑桥中国晚清史:上卷[M].北京:中国社会科学出版社,1985:32.

② 熊月之.西学东渐与晚清社会[M].上海:上海人民出版社,1994:7.

革命的先导，在晚清的科学传播中，力学也是最早传入的自然科学学科之一。系统的经典力学知识从晚清开始传入中国，《重学》即是这一时期传入的第一部完整介绍经典力学的著作。《续修四库全书·子部·西学格致类》称：《重学》之后，传播力学知识的书籍“后无继者”①。事实上，从 1859 年《重学》刊行到 20 世纪初的近 50 年期间的译著中，所包含的力学知识都没有超出《重学》的范围。在晚清经典力学知识的传播中，《重学》是系统的经典力学在中国传播的开端。

从现在的研究来看，对这部力学著作的研究尚不能令人满意。虽然涉及到晚清西学传播的著作和研究论文都会提及该书，但是具体研究不多。即使翻译研究，也并没有真正深入到原著和译著内部，没有深入地对照原本与译本，因而也无法知道译文与原文的差异，似乎默认译著与原著在内容、知识体系、叙述的逻辑结构上是等同的。这是对这一时期译著的研究普遍存在的问题。因此，到目前为止基本不清楚这一时期的译著与原著有何差异，也不清楚译著体现了怎样的中国传统文化特色。

本书从微观的角度选取了《重学》为主要研究对象，从两个方面、三个层次对晚清编译的有代表性的西方力学著作展开全面分析。两个方面，一是西方力学知识的译介与传播；二是中国人如何理解、接受和运用这些知识。三个层次，一是传入的力学知识，特别是以前未曾注意到的一些知识；二是这一时期不同时间段的物理学著作中力学知识的体系、方法；三是编、译著作与原著的差异。重点从中国人理解西方力学的视角来研究在中国传统知识背景下对全新的西方力学知识体系、思想方法的理解与重构，揭示影响西方力学知识在晚清传播与接受的内在因素，说明西方力学在晚清传播与接受的程度。

本书的关键词是晚清力学译著《重学》的“翻译”与“传播”，属于晚清物理学史的范畴。“翻译”从字面上看，似乎属于语言学研究的范畴，而不是科学史研究的主要内容。本书作为科学史研究为什么把“翻译”作为一个重要的方面来研究，需要先有个交待。

首先，翻译并不是一种纯粹的文字转换活动，而是一种话语在另一种文化中的重写和再创造。同时，翻译活动是一个十分复杂的过程，它涉及

① 戴念祖. 中国科学技术史：物理学卷[M]. 北京：科学出版社，2011：556.

的因素多、范围广，既包括知识和语言，又与文化相关联，是一种跨文化交流的活动。译者就是要在两种文化之间搭建起沟通的桥梁。而科学翻译，特别是早期的科学翻译还涉及当时译者及读者的知识背景、知识结构、表述方式，更重要的是涉及两种科学传统的碰撞、交流，同时也涉及不同科学传统的选择与适应。科学翻译的水平、质量如何，与译者的知识结构、文化素养及科学文化背景密切相关。科学翻译的语言学路径注重从语言学角度，如翻译方法、翻译技巧等方面进行研究，而对翻译过程中译者与原著作者不同的知识背景、知识结构、科学传统在翻译过程中所产生的作用关注不够。因此，与科学翻译相关的许多问题，特别是晚清大规模的西学东渐的许多现象，单单从语言学层面已经不能有令人满意的解释，同时翻译史上的众多现象也无法得到合理的解释。“翻译的语言学研究途径暴露出的这些局限，不仅使其他学科理论的介入显得非常必要，更为这些学科自身的发展提供了崭新的探索空间”①。

其次，晚清中西方科学发展的水平不在同一个层面上，科学传统也有很大差异。当大量西方科学传入时，中国译者对传入的西方科学还不是很了解，也比较陌生。晚清从英、美等国引进的首批重要科学著作，如《重学》、《代微积拾级》、《代数学》、《谈天》、《植物学》、《地质学》等等，其底本基本上是当时西方国家的大学教科书或百科全书。这些内容对于西方读者来说并不很艰深，但对于中国人来说，书中所介绍的知识体系、思想方法、科学传统则都是全新的。对于晚清译者来说，翻译这些著作是对于一种新科学传统中的科学知识的学习和理解。他们在翻译过程中对原著内容的选择、叙述方式的调整、技术术语的厘定，无不体现他们对陌生科学传统、知识结构、表达习惯的理解和适应。译著中对原著内容的增补、删减反映了译入语读者的知识水平和知识传统的状况。因此，把科学翻译仅仅看做是科学信息的传递的观点，其前提是科学的概念和语言在不同文化传统中是普适的，不同文化的科学家会用同样的方式思考和行动，这种观点是有问题的。特别是在中西科学传统迥异的 100 多年以前，情况更是如此。因此，科学翻译的研究对于科学史研究具有重要的意义，应该是科学史研究的一个进路。

---

① 范祥涛. 科学翻译影响下的文化变迁[M]. 上海：上海译文出版社，2006：3（“总序”），5.

最近,科学史家席文(N. Sivin)在《科学史和医学史正发生着怎样的变化》一文中就指出:"一项新近的研究提出,把科学作品从一种语言翻译成另一种语言,会改变种种意思……就内容和思想上的差异去做这样的研究,会有价值的。"[①]他所指的"一项新的研究",即美国地质学家和科学史家蒙哥马利(S. L. Montgomery)的《翻译中的科学》[②]。该书从科学文化的视角阐述了古希腊天文学在罗马帝国、近东的古叙利亚、波斯和印度的传播过程;论述了日本现代科学是如何通过翻译而逐步形成的,以及 19 世纪译者在外来影响下如何通过"改编"和"借用"等手段将西方科学知识引入日本,如何有区别地对待不同原本;并通过实例阐述了现代科学翻译研究中存在的问题。该书试图讨论的是,翻译在科学知识形成过程中所产生的持续影响[③]。虽然蒙哥马利的研究对中国的情况涉及不多,但他的研究方法和研究思路对我们具有非常大的启发意义。事实上,对晚清科学史的研究更加具有启发意义。

本书选择晚清科学译著作为切入点,正是因为从 19 世纪 50 年代开始,西方科学著作再次被大量译为汉文刊行,汉译西方科学著作对晚清社会产生了巨大的影响,触动了中国人思想观念的转变,重新构筑了中国人的知识结构。汉译西方科学著作翻译水平的高低、译者的翻译思想及其在翻译过程中的技术处理,不仅决定着中国人学习掌握西方科技的速度和方式,也反映了两种文化之间的冲突与选择,同时对于整个晚清科技发展的模式和方向有着重要的影响。译者对名词术语的汉语用词的提炼、对科学概念的表述方式、对译文的取舍与增补、在翻译过程中对西方新知识与中国固有知识的结合等等,都对中国科学的近代化过程有着深刻的影响。

因此,对这一时期的科学著作翻译的研究能够为晚清科学史研究提供新的研究视角,更为科学史拓展了新的研究空间,同时也能够从多角度审视科学翻译在传播新科学知识过程中产生的影响,并从多角度审视科学翻译的文化价值。

---

① 席文. 科学史和医学史正发生着怎样的变化[J]. 任安波,译. 任定成,席文,校. 北京大学学报:哲学社会科学版,2010(1):93—97.

② MONTGOMERY S L. Science in translation: movements of knowledge through cultures and time[M]. Chicago: University of Chicago Press, 2000.

③ 范祥涛. 科学翻译影响下的文化变迁[M]. 上海:上海译文出版社,2006:3("总序"),5.

《重学》作为第一部译介经典力学的著作，其中大部分力学知识是当时中国人闻所未闻的，很多力学概念和术语是第一次用汉语表达，同时涉及代数学、微积分等数学工具的翻译表达。后期编译的《格物入门》、《格物测算》等力学书籍很大部分采用《重学》的术语，卢公明(J. Doolittle)编纂的《英华萃林韵府》[①]中收入的力学术语大多来自《重学》。傅兰雅(J. Fryer)于1890年在传教士大会上宣读的论文《科学术语：当前的差异和寻求一致的方法》[②]中谈到，他23年前译书的原则来自于《谈天》、《代微积拾级》、《重学》、《植物学》等。因此，以《重学》作为案例研究当时的科学翻译及其传播具有代表性。

二、翻译与传播的研究：基础与前沿

1. 对晚清科学译著的研究

对晚清汉译西方科学著作的翻译与传播研究是翻译学、传播学、科学史等学科关注的焦点，研究成果汗牛充栋。与本课题有关联的翻译研究文献归纳起来大致分为五大类：第一类是科技文献翻译史研究，其中以黎难秋的研究最具代表性，他的《中国科技翻译史》，以及大批的相关论著，如最近出版的“译学新论丛书”中范祥涛的《科学翻译影响下的文化变迁》等，都属于这一类；第二类是关于一般翻译学、翻译方法与理论研究中对相关内容的涉及，如李亚舒、黄忠廉的《科学翻译学》，乔曾锐的《译论：翻译经验与翻译艺术的评论和探讨》，“译学新论丛书”中王洪涛的《翻译学的学科建构与文化转向》等；第三类是关于译者、图书出版及相关机构、科技著作及其成果、中国科技近代化过程等研究中涉及到的一些相关内容；第四类是术语确定与演变研究中涉及到的内容；第五类是对晚清汉译活动的具体研究。

在上述五大类研究中，对晚清翻译西方科学著作的门类、数量、时间、译著概况和译者介绍等成果较为丰富，对晚清后期和民国初期一些机构(如益智书会、科学社、国立编译馆)的名词术语统一工作的研究成果也较

① DOOLITTLE J. A vocabulary and handbook of the Chinese language[M]. Foochow: Rozario, Marcal and Co., 1872.

② DAGENAIS F. 傅兰雅档案：第二卷[M]. 桂林：广西师范大学出版社，2010：376.

多，也有一些论著涉及一些翻译方法、翻译特点、翻译原则的研究内容，还有一些研究文献对晚清数学、物理学、化学、生理学等学科名词术语的流变等内容进行梳理。但多数研究者没有真正深入到原著和译著内部，没有深入地对照原本与译文，因而内容重复、人云亦云的现象十分普遍。第四类研究较深入，但可惜非常少。

关于晚清西学传播的文献也非常多，如各种书院、印刷机构对西学的传播，各种报刊、杂志对西学的传播，同时也涉及一些具体知识的传播。专门针对力学知识的研究比较少，白欣①、咏梅②、韩礼刚③、邓亮④等对晚清力学知识传播有所涉及，但仍然需要系统梳理。《中国科学技术史·物理学卷》⑤涉及了晚清物理学名词的审定工作，王冰的《我国早期物理学名词的翻译及演变》⑥等文章对明清时期物理学名词的翻译与演变进行了梳理。但针对的是整个物理学术语的翻译与传播，力学术语只涉及了部分，同时也未涉及与原文的比较研究，翻译过程的技术处理、内容取舍、翻译水平等内容也鲜有论及。

另外，对于某一译著的翻译水平及编译方式的研究也不多见，对《重学》的翻译与传播、与其他编译的力学著作有怎样的传承关系，以及《重学》在整个近代化历程中产生了怎样的作用与影响的研究就更少了。

综上所述，关于晚清近代力学知识的翻译与传播，第一部译著《重学》的翻译方法、翻译水平、名词术语的选择以及对于后续编译的力学著作的影响，力学知识体系、概念是否得到充分的传播，中国人吸收消化的程度如何等等问题，已有的研究都鲜有涉及。

2. 涉及《重学》的研究

对《重学》的研究内容散见于一些物理学史、力学史著作中，或其他一些相关书籍、论文中。

---

① 白欣. 明清重心知识研究[D]. 呼和浩特：内蒙古师范大学，2003.

② 咏梅. 饭盛挺造《物理学》中译本研究[D]. 呼和浩特：内蒙古师范大学，2005.

③ 韩礼刚.《格物入门》和《格物测算》的物理学内容分析[D]. 呼和浩特：内蒙古师范大学，2006.

④ 邓亮. 艾约瑟在华科学活动研究[D]. 北京：中国科学院自然科学史研究所，2002.

⑤ 戴念祖. 中国科学技术史：物理学卷[M]. 北京：科学出版社，2001.

⑥ 王冰. 我国早期物理学名词的翻译及演变[J]. 自然科学史研究，1995(3)：215—226.

(1)《重学》翻译的思想文化背景

本书对《重学》的研究将涉及翻译、传播、影响等内容。这些内容的研究需要对《重学》翻译、传播时代的科学文化背景有基本的认识,对翻译过程中中西传统的碰撞及翻译与传播中的选择对文化转型所产生的作用需要有一个充分的理解。晚清科学文化研究的文献非常丰富,这里不可能也没必要对此类研究进行逐一分析。事实上,就本书的研究内容和设定的目标而言,有直接相关的论著也不可能一一列举,只能列举一些对本书研究有重大启发的研究文献。

费正清的《中国:传统与变迁》[①]和《剑桥中国晚清史》[②]对中国传统的变迁、传统中国对变革的反对、学术与思想缓慢的现代化进程等内容进行了深刻的分析。熊月之的《西学东渐与晚清社会》[③]对影响西学东渐的因素进行了分析。邹小站的《西学东渐:迎拒与选择》[④]对晚清文化转型及其原因、条件进行了研究分析。杨国荣的《科学的形上之维——中国近代科学主义的形成与衍化》[⑤]研究了中国人如何看待西方科学及其内在的根据。上述研究对本书研究《重学》的翻译与传播过程中对知识内容、形式的选择,力学知识接受的程度等问题的研究提供了重要启示,也启发了本书分析、解释的思想进路。

(2) 对《重学》的著者、译者的研究

对《重学》译者李善兰的研究成果已非常丰富,基本上可以分为三类:综合研究;数学、力学方面对晚清教育的贡献;科学著作翻译方面的贡献。

综合研究,如李俨的《李善兰年谱》[⑥]、王渝生的《中国近代科学的先驱李善兰》[⑦]、杨自强的《学贯中西——李善兰传》[⑧]、李迪的《十九世纪中国数

---

① 费正清. 中国:传统与变迁[M]. 北京:世界知识出版社,2001.

② 费正清. 剑桥中国晚清史:上卷[M]. 北京:中国社会科学出版社,1985.

③ 熊月之. 西学东渐与晚清社会[M]. 上海:上海人民出版社,1994.

④ 邹小站. 西学东渐:迎拒与选择[M]. 成都:四川人民出版社,2008.

⑤ 杨国荣. 科学的形上之维——中国近代科学主义的形成与衍化[M]. 上海:上海人民出版社,1999.

⑥ 李俨. 李善兰年谱[M]//李俨,钱宝琮. 科学史全集:第八卷. 沈阳:辽宁教育出版社,1998.

⑦ 王渝生. 中国近代科学的先驱李善兰[M]. 北京:科学出版社,2000.

⑧ 杨自强. 学贯中西——李善兰传[M]. 杭州:浙江人民出版社,2006.

学家李善兰》[1]、刘钝的《从徐光启到李善兰——以〈几何原本〉之完璧透视明清文化》[2]等，对李善兰的生平、在数学及近代翻译史上的贡献进行了较全面的研究。

对李善兰在数学、力学方面的贡献，研究成果已非常丰富。与本书内容相关的、具有代表性的有王渝生的《李善兰的尖锥术》[3]，罗见今的《李善兰恒等式的导出——纪念李善兰逝世一百周年》[4]、《〈垛积比类〉内容分析》[5]，刘钝的《别具一格的图解法弹道学——介绍李善兰的〈火器真诀〉》[6]，韩琦的《李善兰"中国定理"之由来及其反响》[7]，李兆华的《李善兰对数论的研究》[8]，罗见今的《中国近代数学和数学教育的先驱者李善兰、华蘅芳》[9]等。高红成的《西方数学在中国的传播与中算家的知识结构——以中算家的圆锥曲线说为例》[10]等，对李善兰数学、力学、弹道学以及教育方面的研究给予了分析与评价。厉国青等的《颜家乐测量纬度方法及李善兰的改进》[11]还对李善兰在测量方面的贡献予以研究。

与本书直接相关的李善兰在翻译方面的贡献，有王锦光、余善玲的《李善兰和他在物理方面的译著——纪念李善兰逝世一百周年》[12]，洪万生的

---

① 李迪. 十九世纪中国数学家李善兰[J]. 中国科技史料，1982(3)：15—21.

② 刘钝. 从徐光启到李善兰——以《几何原本》之完璧透视明清文化[J]. 自然辩证法通讯，1989(3)：55—63.

③ 王渝生. 李善兰的尖锥术[J]. 自然科学史研究，1983(3)：266—288.

④ 罗见今. 李善兰恒等式的导出——纪念李善兰逝世一百周年[J]. 内蒙古师范大学学报：自然科学汉文版，1982(2)：42—52.

⑤ 罗见今.《垛积比类》内容分析[J]. 内蒙古师范大学学报：自然科学汉文版，1982(1)：89—105.

⑥ 刘钝. 别具一格的图解法弹道学——介绍李善兰的《火器真诀》[J]. 力学与实践，1984(3)：60—63.

⑦ 韩琦. 李善兰"中国定理"之由来及其反响[J]. 自然科学史研究，1999(1)：7—13.

⑧ 李兆华. 李善兰对数论的研究[J]. 自然科学史研究，1993(4)：333—343.

⑨ 罗见今. 中国近代数学和数学教育的先驱者李善兰、华蘅芳[J]. 辽宁师范大学学报：自然科学版，1986(12月增刊，数学史专辑)：22—34.

⑩ 高红成. 西方数学在中国的传播与中算家的知识结构——以中算家的圆锥曲线说为例[D]. 北京：中国科学院自然科学史研究所，2007.

⑪ 厉国青，刘金沂，赵澄秋. 颜家乐测量纬度方法及李善兰的改进[J]. 自然科学史研究，1993(2)：128—135.

⑫ 王锦光，余善玲. 李善兰和他在物理方面的译著——纪念李善兰逝世一百周年[J]. 物理教师，1982(2)：49—50.

《墨海书馆时期(1852—1860)的李善兰》①,汪子春的《我国传播近代植物学知识的第一部译著〈植物学〉》②,闫志佩的《李善兰和我国第一部〈植物学〉译著》③,尹苏的《论近代科学家李善兰的科学文献翻译》④,燕学敏的《晚清数学翻译的特点——以李善兰、华蘅芳译书为例》⑤,于应机的《中国近代科学的奠基人——科学翻译家李善兰》⑥,赵栓林的《对〈代数学〉和〈代数术〉术语翻译的研究》⑦等,对李善兰翻译生涯、翻译西方科学书籍的内容、翻译特点以及在科学翻译上的贡献做了讨论。

以上这些研究工作为本书的研究提供了参考,同时也留下了一些进一步研究的空间。其中最大的问题是上述对翻译的研究都没有对译著和原著进行对照,只是从中译本的内容出发进行分析评价,因此很难对李善兰的翻译方法、特点做出客观的、有针对性的结论,导致宏观论述有余,微观研究不足。针对上述研究的不足,本书将对李善兰翻译的《重学》与其底本 *An Elementary Treatise on Mechanics: Intended for the Use of Colleges and Universities* 进行对照,重点研究《重学》翻译过程中对原著的内容有怎样的取舍与增补,传统的知识结构、表述方式在取舍与增补的过程中产生怎样的作用,这种取舍与增补对于理解原著的思想、内容产生了怎样的影响等。并对该书翻译水平、翻译方法、术语提炼的特点、存在的问题等进行研究。

对艾约瑟(J. Edkins)的传教、语言学和其他社会活动的研究文献也非常丰富。汪晓勤的《艾约瑟——致力于中西科技交流的传教士和学者》⑧、

---

① 洪万生. 墨海书馆时期(1852—1860)的李善兰[G]//中国科技史论文集编写小组. 中国科技史论文集. 台北: 联经出版事业股份有限公司,1995.

② 汪子春. 我国传播近代植物学知识的第一部译著《植物学》[J]. 自然科学史研究,1984(1): 90—96.

③ 闫志佩. 李善兰和我国第一部《植物学》译著[J]. 生物学通报,1998(9):43—44.

④ 尹苏. 论近代科学家李善兰的科学文献翻译[J]. 上海科技翻译,1997(3):41—43.

⑤ 燕学敏. 晚清数学翻译的特点——以李善兰、华蘅芳译书为例[J]. 内蒙古大学学报:自然科学汉文版,2006(5):356—360.

⑥ 于应机. 中国近代科学的奠基人——科学翻译家李善兰[J]. 宁波工程学院学报,2007(3): 56—60.

⑦ 赵栓林. 对《代数学》和《代数术》术语翻译的研究[D]. 呼和浩特:内蒙古师范大学,2005.

⑧ 汪晓勤. 艾约瑟——致力于中西科技交流的传教士和学者[J]. 自然辩证法通讯,2001(5): 74—96.

邓亮的《艾约瑟在华科学活动研究》①,对艾约瑟的生平及在华期间的学术与政治活动进行了比较详细的介绍。吴霞的《英国伦敦会传教士艾约瑟研究》②还对艾约瑟的语言学、经济学的研究做了介绍。上述论文对艾约瑟的生平及对中西交流的贡献与影响做了较深入的研究,成为本书介绍艾约瑟的重要参考。

对《重学》原著作者休厄尔(William Whewell)③的研究:休厄尔本人论著颇丰,可以作为本书研究的重要线索和基础,如《归纳科学的历史》④和《归纳科学的哲学》⑤等。国外关于休厄尔的研究可谓丰富而详实,大致包括道德哲学、科学哲学和教育三个方面,其中对其哲学思想的研究最为丰富。大致分为两个阶段,一是 20 世纪六七十年代开始,以巴茨(R. E. Butts)为代表的早期研究⑥。在这一阶段,主要是对休厄尔的归纳逻辑的研究,使休厄尔的哲学思想得到理解和重视。二是 20 世纪 90 年代左右,以菲什(Menachem Fisch)和福斯特(Malcolm R. Forster)等为代表,对休厄尔的思想进行了深入研究,基本完成了对休厄尔作为一位科学哲学家的系统论述。福斯特进一步对休厄尔的归纳逻辑的思想进行研究,并把休厄尔的归纳逻辑和约翰·密尔(John Stuart Mill)的归纳逻辑进行分析和对比,澄清了前人对二人的误解。在这一阶段,对休厄尔的认识也更加全面、客观,并发现休厄尔的许多哲学思想都给后来的科学哲学带来了启迪⑦。同时,理查德·杨(Richard Yeo)⑧、菲什⑨等人对他在教育方面,尤其是力

---

① 邓亮. 艾约瑟在华科学活动研究[D]. 北京:中国科学院自然科学史研究所,2002.

② 吴霞. 英国伦敦会传教士艾约瑟研究[D]. 福州:福建师范大学,2005.

③《重学》原著作者 William Whewell,晚清译作胡威立,后又有译作休厄尔、惠威尔,因为使用"休厄尔"的译名比较普遍,本书除引文之外一律使用"休厄尔"的译名。

④ WHEWELL W. History of the inductive science[M]. Cambridge: J. and J. J. Deighton, 1837.

⑤ WHEWELL W. The philosophy of the inductive science[M]. London: Frank Cass & Co. Ltd., 1840.

⑥ BUTTS R E. William Wherrell's threory of scientific method [M]. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 1968.

⑦ 丁艳平. 休厄尔科学哲学思想探究[D]. 广州:华南师范大学,2005:3.

⑧ ROBSON R, CANNON W F. William Whewell, F. R. S. (1794—1866) [J]. Notes and Records of the Royal Society of London, 1964(12): 168—191.

⑨ MONTGOMERY S L. Science in translation: movements of knowledge through cultures and time[M]. Chicago: University of Chicago Press, 2000.

学教科书的撰著方面也给予了研究与评价。

国内对休厄尔的专门研究主要集中在他的哲学思想及其在英国哲学发展中的作用，以及他的归纳思想的研究。例如，丁艳平的《休厄尔科学哲学思想探究》[①]和《休厄尔归纳思想再探》[②]，对休厄尔科学哲学思想进行了专门的研究，罗伯中的《论休厄尔先验论科学哲学及其哲学史地位》[③]对休厄尔的思想在英国哲学史上的地位给予分析。另外，国内一些科学史、科学哲学、西方哲学史的一些论著中也有涉及。但是，国内学者对休厄尔的编史学思想、教育思想及其撰著的教科书 *An Elementary Treatise on Mechanics* 的研究几乎是空白。而事实上，休厄尔的这部力学教科书正是他的归纳思想的一种实践尝试。这部分，尤其是他所撰著的教科书将是本书研究的重点。

（3）对《重学》内容的研究

目前，一些论著已不同程度地介绍了《重学》所包含的内容。例如，戴念祖主编的《中国科学技术史・物理学卷》[④]，杜石然等的《中国科学技术史稿：下册》[⑤]，骆炳贤主编的《中国物理学史大系・物理教育史》[⑥]，刘树勇、李艳平等的《中国物理学史・近代卷》[⑦]。高红成的《西方数学在中国的传播与中算家的知识结构——以中算家的圆锥曲线说为例》[⑧]，从数学的角度对《重学》的"圆锥曲线说"传入中国之后，中算家的理解、掌握的情况进行了探讨。韩礼刚的《〈格物入门〉和〈格物测算〉的物理学内容分析》[⑨]，对《格物入门》、《格物测算》中的力学知识和《重学》中部分相关的力学知识进行了比较研究。白欣的《明清重心知识研究》[⑩]中涉及了《重学》

① 丁艳平．休厄尔科学哲学思想探究[D]．广州：华南师范大学，2005.

② 丁艳平．休厄尔归纳思想再探[J]．自然辩证法研究，2004(2)：21—24.

③ 罗伯中．论休厄尔先验论科学哲学及其哲学史地位[J]．池州学院学报，2008(6)：5—9.

④ 戴念祖．中国科学技术史：物理学卷[M]．北京：科学出版社，2001.

⑤ 杜石然，范楚玉，陈美东，等．中国科学技术史稿：下册[M]．北京：科学出版社，1982.

⑥ 骆炳贤．中国物理学史大系：物理教育史[M]．长沙：湖南教育出版社，2001.

⑦ 刘树勇，李艳平，王士平，等．中国物理学史：近代卷[M]．南宁：广西教育出版社，2006.

⑧ 高红成．西方数学在中国的传播与中算家的知识结构——以中算家的圆锥曲线说为例[D]．北京：中国科学院自然科学史研究所，2007.

⑨ 韩礼刚．《格物入门》和《格物测算》的物理学内容分析[D]．呼和浩特：内蒙古师范大学，2006.

⑩ 白欣．明清重心知识研究[D]．呼和浩特：内蒙古师范大学，2003.

中的重心知识。王燮山的《中国近代力学的先驱顾观光及其力学著作》①，对顾观光对《重学》的研究及其所具有的创造性给予分析。李媛的《顾观光与晚清时期的力学》②，对顾观光的力学著作的内容给予了梳理。

上述研究涉及《重学》的概况和对《重学》中某一部分知识的解读，成为本书研究的重要基础。同时也留下一些盲点，如《重学》具体传入了怎样的知识，需要全面梳理，尤其是《重学》中的一些知识还未曾被注意到。传入知识的深度、广度怎样，与当时西方力学发展状况相比，这些知识是否先进，与中国晚清整个力学知识的传播的水平相比占有什么样的地位等问题少有涉及，需要进一步探讨。

（4）对《重学》翻译的研究

翻译研究中词语的翻译一直是被学者重视的研究内容之一，除了上述的《中国科学技术史·物理学卷》中有关物理学词语的一些信息外，王冰的《我国早期物理学名词的翻译及演变》③对明清时期物理学名词的翻译与演变进行了梳理，涉及了19世纪中叶到20世纪初翻译出版的30多部物理学著作中相关的名词术语，并分析了它们的沿革与变化。指出了当时的翻译原则，词语变化的原因，并举例说明了当时对一些物理学概念理解上的缺陷，也指出了《重学》中创译的部分词语。上述对李善兰的研究中也有一些涉及了《重学》中力学词语的翻译。

另外，也有一些与《重学》相关的翻译与传播的外文研究文献，如莱特(David Wright)的《翻译的科学——西方化学在晚清帝国的传入(1840—1900)》④，对于晚清化学著作的翻译与传播有专门的研究，并提供了翔实的史料。由拉克那(Michael Lackner)等人编写的《新思想中的新词语——中华帝国晚期的西方知识和词语变化》⑤，收录了19篇论文，对19世纪西方科学传入之后的概念、术语及其文化从不同方面进行了研究，而且有一

---

① 王燮山. 中国近代力学的先驱顾观光及其力学著作[J]. 物理，1989(1)：56—60.

② 李媛. 顾观光与晚清时期的力学[D]. 北京：首都师范大学，2009.

③ 王冰. 我国早期物理学名词的翻译及演变[J]. 自然科学史研究，1995(3)：215—226.

④ WRIGHT D. Translating science: the transmission of western chemistry into Late Imperial China, 1840—1900[M]. Leiden: The Netherlands, 2000.

⑤ LACKNER M, AMELUNG I, KURTZ J. New terms for new ideas: western knowledge and lexical change in Late Imperial China[G]. Leiden: Brill Academic Pub., 2001.

些研究也选取了非常微观的案例，如对“重”(weights)和“力”(forces)的研究，对“机器”(machine)和“机械”(machinery)等两个相近概念的翻译与传播的研究；也有对英汉字典中技术术语的确立的研究，或对某一学科中技术术语，如傅兰雅和徐寿创立的化学术语的研究；还有对数学术语中的文化的研究，等等。另外，也涉及了术语翻译与传播的中日比较研究，这些为本书的研究提供了方法上和研究思路上的启发。

但是，专门针对《重学》一书涉及的力学术语、翻译方法、术语翻译中存在的问题，《重学》中的力学词语在后续的西方力学传播过程中有着怎样的传承与变化，还有待于进行系统、深入研究。

(5) 对《重学》的影响的研究

首先是对《重学》的文本流传及其影响的研究。例如，韩晋芳的《关于〈重学〉版本的初步研究》①对《重学》的版本以及各不同版本之间的关系及流变做了深入的研究，邓亮、韩琦的《〈重学〉版本流传及其影响》②对《重学》的版本以及对《重学》中流体力学、附卷“圆锥曲线说”的来源，以及《重学》的影响做了深入的分析。但上述的研究结果有一定出入，需要进一步研究，而且对于《重学》的其他文本的流传还有待于补充。

对于《重学》中知识流传与影响的研究工作比较零散。《中国科学技术史·物理学卷》③提供了一些相关线索，即 1874 年江南制造局刊行的顾观光生前的著作《九数外录》中 10 篇文章有 6 篇属于数学著作、4 篇属于力学著作。这 4 篇力学著作分别为：《静重学记》、《动重学记》、《流质重学记》和《天重学记》，它们介绍了许多初等力学课题和计算方法，其中计算方法中也夹杂了一些力的基本概念。顾观光的这 4 篇文章就是在吸收消化《重学》的基础上写成的。李善兰在译完《重学》之后，于 1859 年将力学与几何学结合，完成《火器真诀》一书。该书将《重学》中抛物运动的几个基本公式具体化为 12 个有关枪炮发射角与射程关系的实用法则。《火器真诀》是中国第一部弹道知识著作，又是一部实用的炮兵操作手册。王夔山的《中国

① 韩晋芳. 关于《重学》版本的初步研究[J]. 哈尔滨工业大学学报：社会科学版，2007(5)：7—12.

② 邓亮，韩琦.《重学》版本流传及其影响[J]. 文献，2009(7)：151—157.

③ 戴念祖. 中国科学技术史：物理学卷[M]. 北京：科学出版社，2001.

近代力学的先驱顾观光及其力学著作》[①]及李媛的《顾观光与晚清时期的力学》[②]等对顾观光的力学著作进行了研究、说明。邹振环的《影响中国近代社会的一百种译作》[③]等论著，提到《重学》的内容在当时科举考试的试题中也有涉及，如《格致书院课艺》中的试题。邓亮在《艾约瑟在华科学活动研究》[④]中指出："于 19 世纪 80 年代起，一些相关内容的纲要性读物陆续出版，但它们或多或少都与《重学》有关系。"并查明《重学须知》（傅兰雅辑译，1899 年）为《重学》中"静重学"部分的节本，《重学图说》（傅兰雅译，1885 年）也是根据《重学》而来，《会稽沈氏东西学书提要总叙》之"重学总叙"是《重学》"卷首"的内容，《杭州府志》"畴人"中关于李善兰的记述转录自其《重学》序。上述研究对《重学》的文本及知识的传播研究提供了重要的研究基础。

《重学》在晚清力学传播中的重要性，人所共知，但是传播的深入程度如何，却是一个值得探讨的问题。那么，《重学》在当时传播的深入程度如何，中国学者对《重学》中的知识消化、吸收的情况如何，这些力学知识在当时产生了什么样的影响，晚清力学传播是否成功等等，这些内容都有待于深入探讨。因此，本书将在此基础上从不同层次上对晚清编纂的相关格致丛书、课艺等力学内容进行分析，来探讨上述问题。

另外，还有一些与本书相关的出版史料、教育史及教育史料，以及一些书目提要等也为本书的研究提供了一些线索，如汪家熔、宋原放主编的《中国出版史料·近代部分》[⑤]，舒新城的《中国近代教育史资料》[⑥]，朱有瓛的《中国近代学制史料》[⑦]，周振鹤的《晚清营业书目》[⑧]，陈学恂的《中国近代教育史教学参考资料》[⑨]和《中国近代教育文选》[⑩]等。

---

① 王燮山. 中国近代力学的先驱顾观光及其力学著作[J]. 物理，1989(1)：56—60.
② 李媛. 顾观光与晚清时期的力学[D]. 北京：首都师范大学，2009.
③ 邹振环. 影响中国近代社会的一百种译作[M]. 北京：中国对外翻译出版公司，1996.
④ 邓亮. 艾约瑟在华科学活动研究[D]. 北京：中国科学院自然科学史研究所，2002.
⑤ 汪家熔，宋原放. 中国出版史料：近代部分[M]. 济南：山东教育出版社，2004.
⑥ 舒新城. 中国近代教育史资料[M]. 北京：人民教育出版社，1981.
⑦ 朱有瓛. 中国近代学制史料[M]. 上海：华东师范大学出版社，1987.
⑧ 周振鹤. 晚清营业书目[M]. 上海：上海书店出版社，2005.
⑨ 陈学恂. 中国近代教育史教学参考资料[M]. 北京：人民教育出版社，1987.
⑩ 陈学恂. 中国近代教育文选[M]. 北京：人民教育出版社，2001.

还有一些关于《重学》的一些错误信息需要勘正。例如，梁启超在《读西学书法》(1896 年刊行)中谈到："李壬叔所译《重学》甚精。然闻西人原书，本分三编。其前编极浅，以教孩孺。其后编极深，凡重学致用之理在焉。李译者仅其中编耳。"①徐维则在《增版东西学书录》中指出："……是书前七卷论静重学，后十卷论动重学，末三卷附流质重学。以算法推论诸理，深切著明，实为善本。西人原书本分三编，此仅其中编。"②一些研究论著也有类似的叙述。据现在掌握的资料看来此说法有误，需要进一步研究、勘正。又如，《中国大百科全书 · 力学卷》③注明底本为 1833 年，第二版。事实上，原著共 7 版，1833 年为第四版，第二版是 1824 年出版。一些研究论文也有同样的错误信息，需要勘正。邓亮则推测《重学》是参考了不同的版本④。情况如何，有必要进一步研究考证。

综上所述，关于《重学》的版本的版次、翻译的内容、翻译的水平、词语的传承以及《重学》的影响的深度和广度等内容还有很大的研究空间。

三、《重学》的翻译与传播：方法与内容

正是在上述研究的基础上，本书以《重学》为中心，结合传播学的方法，主要使用文献分析和比较研究的方法对 1840—1911 年间与力学相关的著作进行分析。1840—1911 年间的力学传播，可以甲午战争为界分为两个阶段。

第一阶段，甲午战争之前，主要编译来自英国、美国的力学教科书，典型的即《重学浅说》、《重学》、《格物入门》、《格物测算》等。但是由于当时各种客观条件的限制，早期编译的一些著作，如《重学》、《谈天》、《代微积拾级》等，传入的西方科学并没有发挥其应有的作用，正像傅兰雅所说："所译书籍只有很少的人阅读。因为他们发现要想看懂的话还需要很多基础知识……翻译已经进行了多年，但成果还没有得到很好的利用。"⑤

---

① 黎难秋. 中国科学翻译史料[M]. 合肥：中国科学技术大学出版社，1996：632.

② 王韬，顾燮光. 近代译书目[M]. 北京：北京图书馆出版社，2003：196.

③ 中国大百科全书总编辑委员会物理学编辑委员会. 中国大百科全书：力学卷[M]. 北京：中国大百科全书出版社，1988：287.

④ 邓亮. 艾约瑟在华活动研究[D]. 北京：中国科学院自然科学史研究所，2002：18.

⑤ DAGENAIS F. 傅兰雅档案：第二卷[M]. 桂林：广西师范大学出版社，2010：416—417.

第二阶段，甲午战争之后，"中日甲午战争的惨败让中国人认识到进行全面彻底改革和学习西方科学知识的必要……已经译成中文的书籍供不应求"①。从1895年到20世纪初的几年内，为改变这种现状，一方面陆续出版适合当时接受能力的各种教科书，另一方面将已有的译著汇编成书以适应晚清社会对西学的需求。在汇编丛书中，有的丛书汇集诸书成一书，如《西学富强斋丛书》、《西学大成》等；也有的根据当时已有的西学译著，选择内容，重新编撰汇编成书，如《西学通考》、《时务通考》、《续西学大成》等。这些丛书对传播西方科学产生了重要影响。特别是后者无疑体现了作者对西方科学知识的理解与重构，也体现了当时学者接纳西方科学的特殊方式。因此，这些丛书成为融合中西学术的特殊载体，是研究晚清科学文化的重要文献。另外在晚清，力学还没有完全成为一门独立的学科，与数学有着紧密的联系，所以，晚清的一些算学教科书、算学课艺同样是反映西方力学知识被接受、被理解的重要文献。

20世纪之后，大量的日译教科书的传入使晚清力学知识的传播进一步系统化、规范化。但这一时期的力学教科书，如饭盛挺造编纂、藤田丰八译、王季烈重编的《物理学》，菲力普・马格纳著、严彬亭初译、常福元编订的《力学课编》等，在力学术语的厘定和数学符号的使用等方面仍然部分地延续了甲午战争之前译著的传统。

在这半个多世纪西方经典力学的译介与传播中，如何鉴定《重学》所发挥的作用，如何认识西方力学知识传播的程度和接受的程度，由此本书将按如下线索进行梳理：

第一，通过对《重学》与其他相关书籍进行横向和纵向的对比研究，突出《重学》一书的内容、知识结构、翻译上的特征。通过横向比较，对比《重学》与其底本，搞清《重学》对原作内容的取舍、增补、叙述方式的调整，以及力学术语的厘定方法、特点，同时探讨翻译的准确性等问题。通过纵向比较，将《重学》与后期编译的《格物入门》、《格物测算》、《物理学》、《力学课编》等进行比较研究，突出《重学》对术语翻译、符号使用等方面的影响。从上述两个方面来考察《重学》在晚清力学传播中的作用。

第二，关于力学知识的传播，将从两个不同的方面进行分析研究。一

---

① DAGENAIS F. 傅兰雅档案：第二卷[M]. 桂林：广西师范大学出版社，2010：418.

方面是对晚清不同时期编译的著作中传播的知识及其结构和体系进行全面梳理,厘清哪些知识得到充分传播,哪些知识传播不够充分及其原因。另一方面是厘清传入的知识在当时被理解和接受的程度。主要分析中国人撰著的丛书、课艺、算学书等,从中国人理解西方力学知识的角度,了解他们对传入的知识的接受程度,进而,理解晚清力学传播的程度,探讨西方力学的传播对晚清知识分子的知识结构的影响。

本书分为 6 章对《重学》翻译与传播的问题进行论述。

第一章为《重学》翻译传播的背景,主要分析当时西方力学发展的情况和中国人所具有的力学知识背景,以此把《重学》传播的力学知识放在中西方力学发展的大背景中考察。明确《重学》传入的知识在晚清力学传播中所处的地位。为讨论后面的翻译与传播的一系列问题做准备。

第二章为《重学》的内容编排,主要介绍《重学》一书的译者李善兰与艾约瑟的生平及学术背景、不同版本的《重学》的内容组成。目的在于了解《重学》的整体情况,为第四章研究《重学》的翻译做准备。同时对《重学》译介的知识给予全面的整理,并简要说明各部分的知识难度,以了解《重学》传播的知识水平的情况。

第三章为 *Mechanics* 及《重学》底本,介绍休厄尔的生平和学术贡献,特别对其力学教科书的思想进行详细分析,其主旨在于明确《重学》原著产生的社会、文化及其学术背景,以此来对比《重学》翻译的社会文化背景;介绍并分析该书的成书背景,不同版本及其差异,以及该著作的思想方法、体系,其主旨在于了解 *Mechanics* 在休厄尔编著的一系列力学教科书中所处的地位及该著作的整体情况。最后,通过《重学》与原著的不同版本的对比,确定《重学》的底本(第五版),明确《重学》翻译的内容,并纠正国内流行的一些错误的说法。本章的研究是为理解《重学》原著的整体情况,为《重学》的翻译研究、对比提供背景。

第四章为《重学》的翻译,主要对《重学》与原著之间的体例差异、内容的取舍与增补进行梳理,对《重学》中的术语、数学符号和西文字母的翻译及其翻译规则进行探讨,对《重学》中的力学术语的传承与变化情况及其术语的影响进行分析,并讨论《重学》文本翻译的本土化特征。目的在于分析《重学》翻译过程中的社会文化背景、中西思维方式的差异对译者的影响,以及文化背景和思维方式的差异在译本内容的选择、变通、取舍及其表达

方式上的体现。

第五章为《重学》的传播，主要研究《重学》各版本的联系与变化、不同版本的流传。从中国学者理解西方力学的视角对各种编译的力学著作、格致丛书等进行分析，探讨力学知识在晚清的传播与理解、接受的情况，并分析中国人编纂的丛书对力学知识的解读与重构。目的在于梳理晚清力学知识传播的整体情况、传播的程度、传播的特征及存在的问题。

第六章为《重学》的影响及评价，主要从翻译和传播两个方面对译者在翻译过程中的选择、变通及其产生的影响等进行分析，并对《重学》传播的程度以及晚清力学传播的程度、特征、力学知识的吸收消化程度做出总结、评价，并总结《重学》对晚清力学近代化历程的影响。

目　录

第一章　《重学》翻译传播的背景

学界普遍认为，经典力学经过两次西学东渐传入中国。第一次是明末清初，主要是古典力学，伴有零星的近代力学。第二次是鸦片战争之后，近代力学逐步传入，到20世纪20年代，近代力学的大部分知识传入中国。其中，《重学》是鸦片战争之后第一部传入的较系统介绍西方经典力学的著作。《重学》的底本是休厄尔（William Whewell，1794—1866）的《初等力学教程》（*An Elementary Treatise on Mechanics*），是剑桥大学的力学教科书。

第一节　力学在近代中国传播的背景

经典力学虽然在17世纪由牛顿在伽利略、惠更斯等人工作的基础上建立起来，但是牛顿之后力学的发展并没有停滞。与此同时，力学教科书也随着力学的发展在内容上逐步丰富起来。那么，《重学》的原著是否包含了当时力学发展的最新成果，为此，有必要回顾19世纪30年代以前西方力学的发展，以求为我们提供《重学》原著所述及知识的相关背景，从而使我们能够将《重学》传入的知识置于西方力学发展的背景之中去考察。

一、19世纪30年代以前西方力学的发展

力学发展大致可以分为三个阶段，即古典力学、经典力学和相对论力学。本书所述及的内容只涉及前两个阶段的发展情况。

古典力学,主要是静力学,从亚里士多德(Aristoteles,前384—前322)的著作开始已经有关于杠杆平衡的阐述。阿基米德(Archimedes,前287—前212)对杠杆平衡、物体的重心、物体在水中受到的浮力等做了系统的研究,确定了它们的基本规律,奠定了古典静力学的科学基础。到斯蒂芬(S. Stevin, 1548—1620)的《静力学原理》(1586)为止,已经形成了力的分解、合成和力的平衡等较为完整的静力学体系。

近代动力学始于伽利略(G. Galilei, 1564—1642)对落体问题的研究(1589)。他的主要的力学著作《关于力和位置运动的两种新科学的数学证明和谈话》(通常简称为《两种新科学的对话》)研究了自由落体、抛射体运动等,建立了加速度的概念,并发现了匀加速运动的规律。惠更斯(C. Huygens, 1629—1695)做了进一步发展,在动力学研究中提出了向心力、离心力、转动惯量、单摆的摆动中心等概念。开普勒(J. Kepler, 1571—1630)总结出行星运动三定律。牛顿(I. Newton, 1642—1727)继承和发扬了这些成果,提出了物体运动定律和万有引力定律。牛顿的《自然哲学的数学原理》(1687)的出版标志着经典力学建立。

牛顿以后经典力学的发展并没有停滞。1743年,法国力学家达朗贝尔(J. R. D'Alembert, 1717—1783)则引进"惯性力"的概念,将由牛顿第二定律表述的运动方程看做是在每一瞬间的平衡力系,即达朗贝尔原理。这一原理的引入,使动力学问题简化为静力学问题。另外,牛顿运动定律是就单个自由质点而言的,达朗贝尔则把它推广到受约束质点的运动。欧拉(L. Euler, 1707—1783)建立了刚体的动力学方程(1758),对弹性稳定性做了开创性研究,并开辟了流体力学的理论分析,奠定了理想流体的力学基础。拉格朗日(J. L. Lagrange, 1736—1813)进一步研究了受约束质点的运动,建立了分析力学,并把结果总结在他的著作《分析力学》(1788)中。

18世纪的刚体力学和分析力学的发展为处理质点系和受约束质点的力学问题提供了新的表述形式,至18世纪末,以质点系和刚体的运动规律为主要研究对象的经典力学臻于完善。动力学的创建持续了1个世纪。

在这一时期内,关于什么是力,如何量度力是一个受到广泛争论的问题,17、18世纪"'力'这个词的概念意义是不完全明确的,而是从混乱走向混乱"①。在争论中,一种观点认为力是一定时间内产生的冲量,另一种观点认

① 劳厄 M V. 物理学史[M]. 北京:商务印书馆,1978:17—19.

为力是“活力”(mv^2)。两种量度的争论持续了半个世纪之久。1743 年,达朗贝尔在其《动力学论》的序言中指出,两种量度同样有效。但是,力的概念对于许多人仍然是一种神秘的东西,直到 1874 年,基尔霍夫(G. R. Kirchhoff, 1824—1887)在他的《力学讲义》中才进一步明确了上述问题,即在不发生机械运动和其他形式的运动的转化的情况下,运动的传递和变化可以用动量量度;但当发生了机械运动和其他形式的运动的转化时,则以动能(活力)去量度。1829 年,科里奥利(G. G. Coriolis, 1792—1843)用 $\frac{1}{2}mv^2$ 代替了 mv^2,彭塞利(J. V. Poncelet, 1788—1867)引入功的概念之后,动能定理得到准确表达。

在伽利略、牛顿时期,还有另一个重要的发展脉络,即是在伽利略的空气抽气机实验的启示下,托里拆里(E. Torricelli, 1608—1647)发明了水银气压计,帕斯卡(B. Pascal, 1623—1662)测量了不同海拔地点的水银柱高度,提出了帕斯卡定律。盖利克(O. Guericke, 1602—1686)用实验阐明了大气压的本性,并发现了一些气体。胡克 (R. Hooke, 1635—1703)在实验中发现了弹性体所受外力和形变之间的关系,建立了关于弹性的胡克定律。波意耳(R. Boyle, 1627—1691)于 1662 年和马略特(E. Mariotte, 1620—1684)于 1676 年各自独立地建立了气体压力和容积关系的定律。所有这些,为后来的弹性力学、黏性流体力学、气体力学等学科的出现做了准备。与此同时,有关材料力学、水力学的奠基工作亦已开始。马略特在 1680 年做了梁的弯曲试验,并发现了形变与外力的正比关系。以上力学成就如表 1-1-1 所示。

表 1-1-1 19 世纪 30 年代以前的力学成就

年代	人物	贡献
前 3 世纪	阿基米德	静力学的基本原理(阿基米德原理)、杠杆平衡原理
1586	斯蒂芬	滑轮组的平衡、斜面上物体的平衡条件和力的平行四边形定则,进行了流体压力实验、研究了浮体平衡问题
1619	开普勒	开普勒三定律
1637	笛卡尔	创立了解析几何

（续表）

年代	人物	贡献
1638	伽利略	讨论了梁的承载能力（强度）问题，提出了速度、加速度的概念，给出了落体和抛体在重力作用下的运动规律，提出了惯性原理，给出了斜面上物体下落的规律，发现了摆的等时性等
1643	托里折利	托里折利实验：以垂直的水银柱测定大气压强，在容器底部开孔时液体射流的速度 $v=\sqrt{2gh}$
1644	笛卡尔	论证了运动量守恒思想
1653	帕斯卡	帕斯卡定律：同一液面上的压强处处相等
1656	马德堡	演示马德堡半球实验
1667—1671	马略特、沃利斯、雷恩和惠更斯	通过对碰撞问题的研究，提出了动量守恒和动能守恒定律
1672	盖利克	通过空气压力实验，证明了大气压的本性
1678	胡克	胡克定律
1680	马略特	做了梁的弯曲试验，并发现了变形与外力的正比关系
1686	牛顿	牛顿运动定律和万有引力定律，第一次引入“质量”的概念，把“质量”同“重量”区别开，用运动原理解释了行星、卫星的运动规律，解释了潮汐现象
1686	莱布尼兹	动能定理（即活力定律）
1738	伯努利	理想流体能量守恒定律，伯努利定律：随着流体速度的增加，其压力减小
1743	达朗贝尔	达朗贝尔原理
1755	欧拉	建立了理想流体运动微分方程式
1736—1765	欧拉	建立了刚体绕固定点运动的一般方程、质心运动定理，在弹性梁弯曲问题中假定弯矩和曲率成正比
1763—1767	波尔达	通过实验并撰文论证了流体阻力与速度的平方成正比
1781	库仑	最大静摩擦力

（续表）

年代	人物	贡献
1787	拉格朗日	引入广义坐标，提出了处理力学问题的新表述形式
1799	法国科学院	国际单位制产生，法国正式实行公制
1800	拉普拉斯	液体波动理论和毛细作用理论
1802	盖・吕萨克	盖・吕萨克定律
1829	科里奥利	把活力表示为$\frac{1}{2}mv^2$，提出这个量等于力所做的功
1829	彭塞利	明确定义了功，并明确论述了功能原理
1803—1834	路易・潘索	讨论了力偶的性质，提出了明确的静力学平衡条件，即合力为零合力矩为零

到 19 世纪末，以经典力学、热力学和统计物理学、电磁场理论为支柱，使经典物理学的发展达到顶峰。

《重学》的英文底本是 1836 年出版的，《重学》首版于 1859 年，所以本书主要以 19 世纪 30 年代以前经典力学的发展为背景，分析研究 19 世纪中叶以后传入中国的经典力学的情况。

二、《重学》传入之前的力学知识背景

《重学》是鸦片战争之后传入中国的译著。《重学》传入之前，在明末清初第一次西学东渐的过程中，已有一些静力学知识和零星的动力学知识传入。

1. 明末清初西方力学知识的传播

耶稣会士、意大利人利玛窦（M. Ricci，1552—1610）于 1582 年来华，第一次西学东渐开始，西方的力学知识伴随着其他科学技术知识一起开始传入中国。邓玉函（J. Terrenz，1576—1630）口授、王徵（1572—1644）译绘的《远西奇器图说录最》（1627 年刊行，以下简称《奇器图说》）[①]和南怀仁的《新制灵台仪象志》（1674 年刊行，以下简称《灵台仪象志》）[②]是当时传播力

① 邓玉函，王征. 远西奇器图说录最[M]. 安康：来鹿堂，1830；清道光十年.

② 南怀仁. 新制灵台仪象志[M]. 刘蕴德等，笔受//薄树人. 中国科学技术典籍通汇：天文七. 郑州：河南教育出版社，1998.

学知识的主要载体。此外，其他的数学、天文学著作等也涉及到一些力学知识。这些著作中主要包括了古典力学和部分近代力学的早期知识，其中也涉及一些落体问题和弹道知识的内容①。

当时传入的力学知识主要有：

（1）力学的概念

重学："其总司维一，曰运重。"力艺："力艺，重学也。""力艺之学之所司，不论土、水、木、石等物，则总在运重而已。"力："力是气力、力量，如人力、马力、风力之类。又用力，加力之谓，如用人力、用马力、用水风之力之类。艺则用力之巧法、巧器，所以盖用其力、轻省其力之总名也。重学者，学乃公称，艺则私号。盖文学、理学、算学之类，俱以学称，故曰公。而此力艺之学，其取义本专属重，故独私号之曰重学云。"（《奇器图说》表性言）

（2）重、比重的概念

"重，何物？每体直下必欲到地心者是也。""重物有二，一本性就下，一体有斤两。"本重（比重）："本重者，如金重于银、银重于铁之类是也，盖金与银体段一样，而金重银轻，是金之质原本重于银也，非以一两金与十两银相较之重，故曰本重云。"（《奇器图说》卷一）"夫仪之轻重与其大小，必有一定比例。因其轻重而可推而知其大小，有因其大小推而知其轻重。"（《灵台仪象志》卷二）《灵台仪象志》中还给出了10种物质的比重。

（3）重心的概念

形心（几何中心）："内有容，外有限，曰形；其中点为形心。"重心："重之心。重系于心，则不动。""每重各有其心。假如有重于此，两边重相等，则重心必在其中无疑也。"（《奇器图说》卷一）《奇器图说》一书中涉及了规则物体求重心（即形心），如三角形、矩形、正多边形、圆、椭圆、四边形、正棱柱重心的求法和不规则物体求重心，即悬挂法。

（4）简单机械

六类简单机械："天平"、"等子"、"杠杆"、"滑车"、"圆轮"和"藤线"的应用及简单力学原理。杠杆分为3种："揭杠"（支点在中点）、"挑杠"、"提杠"（支点各在一侧）（《奇器图说》卷二）。杠杆原理："有两系重是准等者，其大

① 陈悦．南怀仁《新制灵台仪象志》中力学知识之研究[D]．北京：中国科学院研究生院，2005：4．

重与小重之比例就为等梁长节与短节之比例，又互相为比例。”滑轮和滑轮组：“用一轮之滑车，而力之半能起重之全……若用二轮之滑车，则以力之四分之一而能当全重……三四等轮之比例，皆仿此。”(《灵台仪象志》卷二）齿轮（轮轴）：“用大小轮法……所谓轻便者，在大小轮相连一定比例，盖大轮之径比小轮之径尺寸有若干，则即省转动之力有若干。”(《灵台仪象志》卷二）

（5）单摆（垂线球仪）

单摆的等时性：“凡垂球一来一往之单行，其相应之时刻分秒亦相等……夫观垂球往来之数，必观其大弧之往来与小弧之往来，论时刻之分秒必相等也。又大弧之往来疾，小弧之往来迟，迟疾不同，而其所历时之秒，大弧、小弧皆相同也。”单摆的周期：“有两垂线球，除垂线长短不等其余相等。其短者之尺寸与长者之尺寸，如长者往来之方数比短者于相等时刻往来之方数。”(《灵台仪象志》卷四）

（6）自由落体运动

只涉及一个落体运动的推论：“凡重物陨坠所行之尺，并求其所须时刻之分秒，有加之之比例。其比例以不平分之数而明之，如一、三、五、七、九、十一等。”(《灵台仪象志》卷四)《灵台仪象志》中还简介了抛射体运动。

（7）材料强度问题

“夫五金等材坚固之力，必从人之所推移而见，又必从压之以重物而始见之”。“盖凡两柱大小之比例，为其两横径再加之之比例，而其坚固之比例，必与之同”。“有两柱……其长短等，其粗细不等。其粗柱之坚固与细柱之坚固，有……两者横径三加之比例”[①]。(《灵台仪象志》卷二）

（8）流体力学知识

浮力定律：“有定体，本轻于水，其全体之重与本体在水之内者所容水同重。”有悬浮、漂浮、下沉等不同情况的介绍，并有不同情况下浮力定律中相关物理量的计算。表面张力：“有干板，薄而宽大，或是金，或是铅，但平平徐置水面，则亦不沉。何也？薄而宽大，则板上之气与板体相合，气与水面相逼，故虽金、铅本重而不致沉也。但有小隙上水，则必沉矣。”(《奇器图说》卷一）还涉及了液体压强问题。

---

① “大小”指柱的截面积，“再加”、“三加”指平方、立方。

从表 1-1-1 可以看出，17 世纪和 18 世纪正是力学发展最迅速、成果最丰富的时期。遗憾的是，这一时期传入中国的多是一些最基本的古典力学知识，而且零散、理论性不强。大规模的、完整的西方近代力学知识的传入是 19 世纪中叶以后的事了。

2. 晚清西方力学的传播

鸦片战争之后，从 19 世纪 50 年代始至清末，在“师夷长技以制夷”的现实需求下，西方科学技术知识被大量引入中国，同时将“制器”与“制夷”联系起来，中国人开始主动地学习西方的科学技术。这一时期以牛顿运动定律和万有引力定律为核心的经典物理学在中国开始广泛传播。如果说明末清初传入的力学知识“零散和不成系统”，并且“有些被融合纳入中国传统的知识体系之中”，还不足以动摇中国传统物理知识的主体地位的话，那么从 19 世纪 50 年代以后，西方近代力学知识逐渐得到比较系统的介绍，“这些知识在被引进和移植的过程中，逐渐取代了传统的知识体系”①，从而开始了中国物理学的近代化历程。

在此期间，传入的物理学著作有 95 部②，仅力学方面，陆续地传入了《静重学》、《动重学》、《水重学》、《气重学》、《流质重学》、《天重学》等。就力学知识的传播而言，涉及到的文本大致可以分为四大类。其一是大众普及读物，如《六和丛谈》、《万国公报》、《中西通书》、《格致汇编》、《格致新报》、《中西闻见录》等一些期刊；还有一些丛书涉及力学知识，如艾约瑟译的《西学启蒙十六种》(1881—1885)中的《格致质学启蒙》、《格致总学启蒙》，《格致图说》(《重学图说》)，以及《重学汇编》、《重学补编》等。其二是翻译或撰著的西方力学著作，这类书籍传播的力学知识相对完整、系统，具有一定的独立性，如《重学浅说》(1858)、《重学》(1859)、《格物入门》(力学 1 卷，1866 年刊行)、《格物测算》(力学 3 卷，1883 年刊行)，1885—1894 年陆续刊行的《格致须知》(《力学须知》、《重学须知》)，以及随后的日译教科书《物理学》(上编 1900 年、下编 1903 年刊行)、《力学课编》(1906 年刊行)、《近世物理学教科书》(1906 年刊行)等。其三是研究类著作，如李善兰的《火器真诀》(1859)、顾观光的《重学》(1874 年刊行)等。其四是汇编丛书，这些丛书中

① 戴念祖. 中国科学技术史：物理学卷[M]. 北京：科学出版社，2001：455.
② 王冰. 明清时期(1610—1910)物理学译著书目考[J]. 中国科技史料，1986(5)：3—20.

有汇编诸书于一书的，如《西学富强斋丛书》、《西学大成》等；也有根据已翻译的著作进行节录、整理而成的，如《西学通考》(1897)、《续西学大成》(1897)、《时务通考》(1897—1901)和《分类时务通纂》(1902)等；还有一些算学书、算学课艺也能反映出当时力学知识的传播情况，如《须曼精庐算学》、《格致书院课艺》、《算学课艺》等。

上述编译的与力学相关的书籍中除《重学浅说》在《重学》之前出版之外，大部分书籍都是在《重学》之后传入。就内容而言，除万有引力定律[①]是在《重学》之前传入之外，大部分系统的动力学知识都是通过《重学》首次传入，即使是系统的静力学知识也不例外。相对而言，《重学》结构完整、内容系统，整个晚清力学传播都没有超出《重学》的范围[②]，可以说《重学》是系统的西方力学知识，特别是动力学知识传播的开端。

第二节　晚清力学传播概况

《重学》传入之前，除零星的落体运动的知识和万有引力定律之外，大部分动力学知识没有传入。《重学》之后，一些与力学相关的著作陆续刊行，系统的动力学知识以不同的方式，从不同的角度被介绍进来。因此，有必要梳理出晚清编译的力学书籍的知识体系和内容结构，通过对比分析，归纳总结《重学》一书在力学传播中的独特性。

一、不同水平的力学结构

如前所述，《重学》底本是剑桥大学的力学教科书。那么，在19世纪30年代剑桥大学的力学教科书在现在看来相当于什么样的知识水平？《重学》以及后续编译的力学书籍都涉及哪个水平的知识，《重学》与其他著作有什么不同，在整个晚清力学传播中具有什么特征？为了搞清楚上述问

---

① 鸦片战争之后，在《重学》刊行之前的一些天文学书籍，如《天文略论》、《天文问答》、《博物新编》等，涉及了万有引力定律。

② 一般观点认为，《重学》之后的20年内，力学的传播都没有超出《重学》的范围。本书作者认为时间会更长一些，详见后述。

题，也为了理解当时引进的力学知识的水平，有必要弄清经典力学在不同水平的内容结构①。

1. 初等水平的力学结构

初等水平的力学结构（图 1-2-1）相当于现在的初中力学的教学内容。定性了解牛顿运动定律，以及与此相关的运动学的基本问题、功和能、机械效率、压力、压强、浮力等问题，间或少量的定量表述及实际应用等内容。

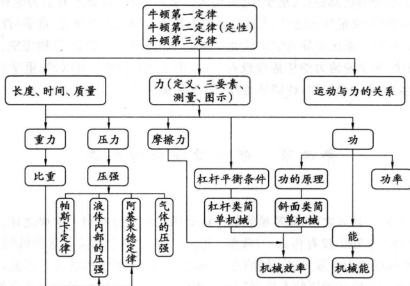


图 1-2-1 初等水平的力学结构

2. 中等水平的力学结构

中等水平的力学结构（图 1-2-2）相当于现在的高中力学的教学内容，以牛顿第二定律的定量表述及其应用为核心内容。主要涉及与质点相关的运动定律，同时也涉及曲线运动、万有引力定律等。

① 查有梁. 牛顿力学的横向研究——纪念《自然哲学的数学原理》发表 300 年（1687—1987）[M]. 成都：四川教育出版社，1987：71—77.

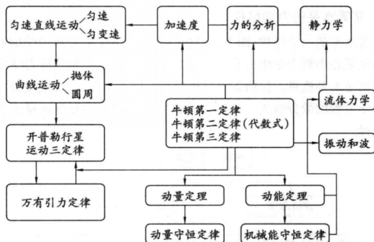


图 1-2-2 中等水平的力学结构

3. 大学水平的力学结构

大学水平的力学结构(图 1-2-3)相当于大学普通物理中力学的教学内容。以牛顿第二定律的微分表达及其应用为核心,包括质点、质点系及刚体的运动学、动力学以及动量定理、角动量定理,动量守恒定律、角动量守恒定律等内容。

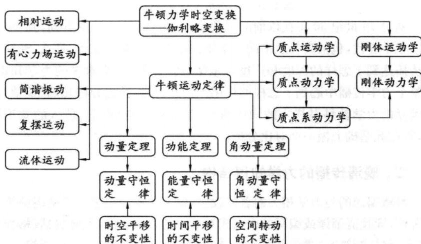


图 1-2-3 大学水平的力学结构

4. 高等水平的力学结构

高等水平的力学结构(图 1-2-4)相当于理论力学中分析力学的教学内容。如果说在牛顿力学中的基本概念是力、质量,那么在分析力学中的基本概念则主要是能量。拉格朗日方程应用了广义坐标、广义速度、广义力,是动力学方程的微分形式。分析力学成为从牛顿力学发展到量子力学的主要途径。



图 1-2-4 高等水平的力学结构

从对 19 世纪 30 年代以前的经典力学发展的回顾可以看到,到 19 世纪二三十年代,包括高等水平的力学知识体系已经基本完善,那么,晚清力学传播达到了怎样的深度和广度,《重学》传入了哪一个水平的力学知识,在整个力学传播中起到了怎样的作用?为此,我们首先分析几部《重学》之后编译的力学教科书传入的知识水平,然后再分析《重学》传入的知识结构,并在此基础上做一个对比分析。

二、晚清传播的力学知识结构

晚清编译的与力学相关的著作较多,以下主要介绍第一节所述的第二类著作,即晚清翻译或编写的内容相对独立的力学著作,主要包括《格物入门》和《格物测算》、《重学须知》和《力学须知》、《物理学》、《力学课编》、《近世物理学教科书》等。需要指出的是,《重学》原著不包括流体力学,所以这里主要分析固体力学的知识。

1. 丁韪良的《格物入门》和《格物测算》

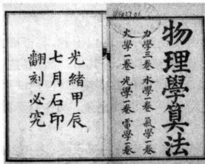


图 1-2-5 《物理学算法》

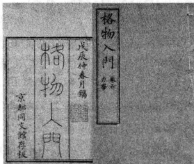


图 1-2-6 《格物入门》

《格物入门》和《格物测算》(又名《物理学算法》),是丁韪良(W. A. P. Martin,1827—1916)在华期间编译的两部物理学书籍,是京师同文馆的教科书(图 1-2-5、图 1-2-6)。《格物入门》[①]1868 年出版,1889 年和 1899 年两次修订,分别被称为《增订格物入门》和《重增格物入门》。在《重增格物入门》[②]序言中,丁韪良介绍了修订《格物入门》的原因:"岁在戊戌,京师创立大学堂,余蒙特旨派充西学总教习。于格物课程每苦不得善本……遂亟取《格物入门》而重增之,以为初学一助。"《增订格物入门》和《重增格物入门》与《格物入门》相比没有本质上的不同,前两者主要是在内容的顺序、插图的位置、习题的安排、语言的表述上进行了一些变动[③]。《格物入门》共 7 卷,问答式体裁,附有插图。前 5 卷论述物理知识,后 2 卷为"化学卷"和"测算卷"。包括"水学"(流体力学)、"气学"、"火学"(热学)、"电学"、"力学"(重学)、"化学"、"测算"。其中"测算卷"是利用数学工具来解决物理问题。《格物入门》最先采用"力学"一词,其中,第五卷为"力学","力学"包括"静重学"和"动重学"。

第五卷"力学"中,上章"论力推原",涉及一些力学基本概念、基本理论(包括运动、静止、速度、重力、重心、万有引力、力的合成与分解、抛体运动等)和一些由于受力而产生的现象,并对这些现象进行解释(包括物体的涨

---

① 丁韪良. 格物入门[M]. 北京:京师同文馆,1868(清同治七年).

② 丁韪良. 重增格物入门[M]. 上海:美华书馆,1899(清光绪二十五年).

③ 韩礼刚.《格物入门》和《格物测算》的物理学内容分析[D]. 呼和浩特:内蒙古师范大学,2006:17.

缩、物体之轻重、物体下落之故、星宿运行之故、潮汐现象等)。下章“论诸力器具”,涉及杠杆、斜面、轮轴、滑车、劈、螺丝六器及钟摆等。从该书的内容看,涉及静力学、运动学和动力学的基本知识。

《格物入门》中所介绍的知识“次序由浅及深……问以出题,答以破题,条分缕析,文义唯求明澈,不事艰深……学者谙其理,习其事,二者并进,方觉工夫有味,而实效可望。然每举一端,器具、材料务臻精审,否则试之不验,如此而依次谙习七卷,可谓得门而入矣”①。也就是说,该书主要在于入门,涉及知识比较简单。

从知识水平看,《格物入门》中的大部分知识接近初等水平(图 1-2-1),但也有一些内容超出了初等水平,如动量守恒定律在“测算卷”中已经涉及;关于重心的问题,涉及有求多个质点的重心(“察数物之重心”)问题、两体运动时的“公重心”情况等。从知识结构看,没有涉及功和能等概念与内容。

1883 年,丁韪良在《格物入门》的基础上将“测算卷”增补扩充而成《格物测算》,也即“将原书测算一卷七倍之作为另集,言曰《格物测算》”②。《格物测算》同样是问答式体裁,与《格物入门》不同的是增加了力学知识的深度和“测算”的难度。关于这一点,丁韪良在《增订格物入门》③自序中提到:“窃以为实学莫先于格物,故略述西法,纂《格物入门》七卷,迄今行世已久,辱承士大夫谬奖。内地既为广传,东洋亦屡行翻刻。旋于光绪丙戌又纂《格物测算》八卷,冀学者藉以深造。”《格物测算》的特点是在简要叙述物理原理和规律之后,以“演题”形式应用数学工具解决物理问题。该书“参考新法于英、美、法国各国名家,各有心得”,而且“是书主在测算,而不是讲论。故物类之理性,机器之形迹无须详说”,即该书重在应用数学工具解决力学问题,而不在于力学的定理、定律的分析和证明。

《格物测算》共 8 卷,力学 3 卷,“水学”、“气学”、“火学”、“光学”、“电学”各 1 卷。力学内容目录如表 1-2-1 所示,包括“助力器具”、平衡问题、重心的求解、摩擦力等静力学问题;动力学问题涉及牛顿三个运动定律、落体问题(“坠物之理”)、动量定理和动量守恒(“物之相触”)、矢量的合成与分

① 丁韪良. 格物入门[M]. 北京:京师同文馆,1868(清同治七年).
② 丁韪良. 物理学算法(又名《格物测算》)[M]. 石印. 出版者不祥,1904(清光绪三十年).
③ 丁韪良. 增订格物入门:卷一[M]. 北京:京师同文馆,1889(清光绪十五年).

解、万有引力定律及应用、单摆周期、圆周运动等，同时还涉及材料承压能力问题的分析。其中，牛顿第二定律、重心都涉及到了微积分的表达与应用。与《格物入门》相比，《格物测算》的难度大大加深。"其书实为推广《格物入门》测算一卷之用，又李氏所译《重学》本为未竟之书，如残周面积、抛物线面积、求重心其法皆阙。是书一出，其术始备，余亦颇多新理、新法，别有水、火、气、光、电等卷，通名曰《格物测算》。"①即求解重心问题在《重学》的基础上有所扩充，部分内容超出了《重学》。

表 1-2-1 《格物测算》内容目录

	卷一	卷二	卷三
第 1 章	论物之动静	论力之分合	论杠杆
第 2 章	论重质相吸之力	论旋物之理	论轮轴滑车
第 3 章	论坠物之理	论火器	论斜面
第 4 章	论以微分发明坠物之理	论物之相触	论物由斜面下坠之理
第 5 章	论物之重心	论索线	论螺丝尖劈
第 6 章	论以微积分求重心	论物之摆动	论摩阻之力
第 7 章			论梁木之力

《格物测算》因重在算法，故其理论性、系统性相对较弱。就力学知识水平而言，涉及了初中、高中以及部分大学普通物理（如微积分求重心、用微积分求变速运动的速度等）的内容。

《格物入门》和《格物测算》是鸦片战争之后甲午战争之前最为流行的教科书，从现在的力学知识结构来看，当时没有特别明确的知识层次划分，知识的内容跨度较大。

2. 傅兰雅的《重学须知》和《力学须知》

英国传教士傅兰雅（John Fryer，1839—1928）编写的普及读物《格致须知》②，是一套根据当时英美原著译辑的丛书，分别于 1882—1894 年间

---

① 徐维则. 增版东西学书录[M]//王韬，顾燮光等. 近代译书目. 北京：北京图书馆出版社，2003.

② 载于《西学格致大全》本，封面由苏台间人书写，无作者名。

出版发行①。《格致须知》前 3 集是自然科学，第四、五、六集是工艺、技术和社会科学，第七集是医药，第八、九集是国志和国史，第十集是教务。



图 1-2-7 《重学须知》和《力学须知》书影

《格致须知》的前 3 集自然科学包括数学、天文学、物理学，其中《重学须知》和《力学须知》(图 1-2-7)分别在第二集和第三集中，前 3 集内容如表 1-2-2 所示。

表 1-2-2 《格物须知》前 3 集内容汇总表②

范围	名称	出版时间	备注	范围	名称	出版时间	备注
第一集	《天文须知》	1887		第二集	《量法须知》	1889	
	《地理须知》	1883			《画器须知》	1888	
	《地志须知》	1882			《算法须知》	1833—1902	华蘅芳
	《地学须知》	1883			《代数须知》	1887	
	《电学须知》	1887			《三角须知》	1887	
	《化学须知》	1886			《微积须知》	1888	
	《气学须知》	1884			《曲线须知》	1888	
	《声学须知》	1887			《重学须知》	1889	

① 王冰. 明清时期(1610—1910)物理学译著书目考[J]. 中国科技史料，1986(5)：3—20.

② 常林涛.《格致须知》中的力学与电学知识探析[D]. 呼和浩特：内蒙古师范大学，2010：7.

（续表）

范围	名称	出版时间	备注	范围	名称	出版时间	备注
第三集	《力学须知》	1889			《动物须知》	1894	
	《水学须知》	1891			《植物须知》	1894	
	《光学须知》	1894			《西礼须知》	1895	程培芳
	《热学须知》	1894			《戒礼须知》	1896	程培芳
	《矿学须知》	1893			《富国须知》	1892	程培芳
	《全体须知》	1894			《理学须知》	898	程培芳

《重学须知》是《重学》的节本（详见第五章），截取了《重学》“卷首”的内容（即《重学浅说》），主要涉及简单机械的定性讨论。《重学须知》与《力学须知》其各章内容如表 1-2-3 所示。

表 1-2-3 《重学须知》和《力学须知》的内容目录

	《重学须知》	《力学须知》
第一章	重学总论	总论体性
第二章	论杆	略论各力
第三章	论轮轴	略论重心
第四章	论滑车	略论动理
第五章	论斜面	略论摆动
第六章	论器件动法	略论圜动

在《力学须知》“总引”中，傅兰雅指出：“力学者，动重学也。重学本分为两支，一曰静重学，专论体之相定，示人以用力之方，前辑有《重学须知》，已刊公同好矣。一曰动重学，乃论体之动理及夫各力之根源，兹特别之曰《力学须知》。”这里的“力学”总体上是现在的动力学。

第一章“总论体性”，讲述物体的一些基本性质，如什么是“体”和“体性”等。体：“夫物有形、有质，可权、可量，而能为人之五官所知觉者，皆谓之体。”体性：“凡言体者，必有数性为不可少，如有立积，不并容，含微隙，可剖分，不泯灭等性。”

第二章“略论各力”，介绍各种力，如“质体原存之力”、“向心力”、“物体

坠力"、"微管吸力"(流质随极细之管上升)、"涨力"(使质点松离而涨)、"凹凸力"(弹力、回复力)等。其中,

"质体原存之力"包括"重力"、"爱力"(化合力)、"结力"(令体质固结不散者)3 种力。

重力:"质体皆能彼此摄引,因其各含吸力也……吸力大小恒与其体之重有比例,故又谓之重力。重力存于质体,质体愈大,重力愈大。"

地心吸力:"地球引各物之方向,恒向地心,故重力又谓之地心吸力。"即万有引力。给出地心吸力大小与物体质量成正比,与距离平方成反比。

向心力:"体质之重力皆由心起,彼此相引即是其体心相向,故此力又谓之向心力。"用向心力解释"物之下坠"。这里的"向心力"的概念比较狭隘,粗略地讲,只是现在向心力概念的一部分。

物体坠力:"凡物由高处坠下,其速不能一路平均,必依地心吸力而渐加速,所加之速必愈久愈大。"解释石块下落速度不断增加的现象并给出第 1 秒、第 2 秒、第 3 秒下落的位移之间的关系为 1、3、5 倍。

第三章"略论重心"分两部分,第一部分介绍"重心"、"公重心"、"虚重心"以及物体的稳定,给出一般重心的求解方法(悬挂法),还介绍了意大利比萨斜塔("重心稳界:义国有斜塔……")。第二部分介绍牛顿运动定律和匀速运动、匀加速运动。其中,

牛顿三个运动定律:"第一例:凡体必存其本静性而自静,或存其平速动而前行,非有他力加之而动性不改。""第二例:凡有他力加于动体必与此体所受之力有比例,又必合加力之直线方向。""第三例:凡动与静必相等而方向则相反。如二体彼此相动则彼此所显之力必相等而其方向必相反。"这里的第一、二、三例即是现在的牛顿三个运动定律,但第二定律和第三定律的表述不够准确、明晰。

匀速运动:"平速动:凡体之动在等时行过等路谓之平速动。"速率:"凡体行动必有迟速,名速率。"

匀加速运动:"渐加速:凡体之动,在等时行过不等路,而速恒渐增,则谓之渐加速。"也介绍了"减速性"。

第四章"略论动理",介绍惯性("永静性"或"永动性")、动量,碰撞时的

作用力与反作用力等概念,力的合成与分解。其中,

惯性:“永静性:凡体皆有不可移动方位之性。”“永动性:凡体存永静性,则不能起首自动,即动之后不能随意自停,此不自停者谓之永动性。”

“重速积”(动量):“体之重数与动之速率相乘为重速积。”

“击力”、“对力”(作用力、反作用力):“击力者一霎时中所生之抵力也,行动之体过相阻之体则生击力,阻体乃生力以对之,则谓之对力。凡动体击力与阻体对力亦必相等。”“传力”:“凡动体相击力必彼此相传。”

合力:“动有二力合一者谓之合力,如有一体从此力方向受力,则自顺此方向而动,若同时有彼方向之力加之,则不行原方向之路,必行二力方向之中方位,即二力之对角方向也。”

分力:“动有一力分二者,谓之分力,其法与合力相反。”

第五章“略论摆动”,介绍单摆、秒摆、栅形自准摆、轮摆、准摆,以及单摆的周期与摆长和重力加速度的关系。

第六章“略论圈动”,介绍向心力、离心力,离心摆、离心球和其他离心器具,“圈动”(圆周运动)。其中,

“圈动”:“体行圆圈谓之圈动。圈动为二力合而成者。”

离心力:“一力使体离心而行直线,则谓之离心力;一力使体向心而行直线,则谓之向心力,二力同时合施,则体不能远心直行,又不能近心毗行,势必绕心以行平圆轨道。”“圈动能生向心、离心二力。”讲述各种离心器具,如离心球、离心圈、离心摆、离心陀螺、离心弹等。

从《重学须知》和《力学须知》叙述内容的方式来看,主要定性介绍一些力学概念和知识,并用于解释说明日常现象。定量的内容非常少,只有几处非常简单的计算。整体内容简洁、通俗浅显,易于理解(各部分还附有插图)。《重学须知》相当于初等水平的力学知识(图 1-2-1)的一部分(简单机械),《力学须知》达到了中等水平的力学知识(图 1-2-2),但都是最基础的概念的介绍,对于力学的基本定理、定律,如动量定理、动量守恒定律等还未涉及。

3. 饭盛挺造的《物理学》

《物理学》由日本物理学家饭盛挺造(1851—1916)编纂,药学和化学家

丹波敬三(1852—1927)与柴田承桂校补、东洋史学家藤田丰八(1870—1929)翻译、中国学者王季烈(1873—1952)重编。这部书是饭盛挺造参考了德国人米勒(J. Miller)等撰著的物理学书籍,并根据他本人在东京大学医学部的授课讲义编成,是日本最早撰著的高等普通物理学教科书,于1879年初版①,也是中国第一部全面系统的、真正可以称之为“物理学”的大学物理学教科书②。

《物理学》共3编12卷(12册),每卷单独成册,全书的结构体例为编、卷、章、节等。1900年刊于上海江南制造局(图1-2-8,下编1903年刊行),后有石印本等。此书分上、中、下3编,上编:总论1卷,重学3卷(“定质重学”、“流质重学”、“气质重学”);中编:光学2卷,声学、热学、气候学各1卷;下编:电学2卷、磁性学1卷。与本书相关的力学部分主要在上编的“总论”与“定质重学”。这两部分的内容如表1-2-4所示。

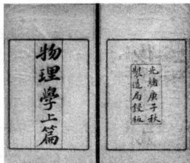


图1-2-8 《物理学》

表1-2-4 《物理学·上编》与力学相关的内容目录(章)

	卷一 总论	卷二 定质重学
第一章	物理学之根本研究法致用及区分	力之平均分合及重心
第二章	物体通有性	器具
第三章	运动物质及力之通论	运动通论
第四章	物体之公力	

其中,卷一“总论”的第三、四章,卷二“定质重学”的第一、二、三章与本书相关,其内容列于表1-2-5。

① 参见:日本の物理学史·上(历史·回想编)。转引自:白欣.明清重心知识研究[D].呼和浩特:内蒙古师范大学,2003:62.

② 咏梅.饭盛挺造《物理学》中译本研究[D].呼和浩特:内蒙古师范大学,2005:9.

在《物理学·上编》卷一"总论"中,第一章"物理学之根本研究法致用及区分",讲述自然、物质、自然科学的定义和分类、物理学、物理现象,并将物理学分为物体运动学(包括固体力学、流体力学、气体力学)和质点运动学(包括波动学、声学、光学、热学、磁气学、电学)。

第二章"物体通有性",分别讲述物体的各种性质,如"体积性"、"障阻性"、"恒性"(惯性)、"不灭性"等。

表 1-2-5 《物理学》中相关的力学内容目录(节)

	卷一第三章	卷一第四章	卷二第一、二章	卷二第三章
第一节	运动及静止	定义及通览	平均之定义及要旨	运动之类别
第二节	匀等运动	质点摄力	力之合成与分解	撞击
第三节	不等运动	凝聚力	重心	抛掷运动
第四节	无碍直坠	黏力	器具通论	悬摆运动
第五节	垂线掷动	重力	单式器具	循心运动
第六节	物质	宇宙摄力	复式器具	运动之三则
第七节	力			

第三章"运动物质及力之通论"和第四章"物体之公力",涉及运动学知识和力的概念,具体内容如表 1-2-5 前两列所示。在该章首先给出运动的概念,其次按照不同标准分类:按路径的形状分为直线运动和曲线运动;按物体各质点的运动分为定轴转动、平动、平面平行运动、摆动或振动;由速度的不同分为匀速运动和非匀速运动。还分别从定性、定量的角度讨论匀速运动、非匀速运动、自由落体运动、抛体运动,路径、时间、速度、重力加速度、瞬时速度等概念及其关系式和推导证明、实验等。另外,还涉及质量、重量、密度及它们之间的关系,力的测量方法,功、效率、动能、势能及各种能量。

第四章"物体之公力",介绍常见力,如引力、化合力、分子引力、重力、万有引力,万有引力定律及证明。

卷二"定质重学"(即力学、固体力学)共有 3 章如表 1-2-5 后两列所示。

第一章"力之平均分合及重心",涉及力的合成及分解、重心及重心的

求法及应用。

第二章“器具”，涉及简单机械（包括天平、杆秤、台秤、滑车、轮轴、螺旋、劈）的用途、原理以及复式器具及其受力情况。

第三章“运动通论”，涉及碰撞、落体运动、抛体运动、摆动、圆周运动。在碰撞中讲述弹性碰撞、非弹性碰撞，完全弹性和完全非弹性碰撞的规律及其数学推导、实验证明。在抛体运动中讨论平抛和斜抛运动。在摆动中讲述单摆的运动原理及应用，包括重锤时辰钟和发条时辰钟的原理和构造；证明地球的自转运动。在“循心运动”中讲述圆周运动的原理，向心力和离心力的概念、证明及其应用。最后讲述和证明牛顿运动定律。

由此可以看出，上述内容结构完整，体系性强，已经非常接近现在力学教科书的内容编排。《物理学》在当时虽然是晚清引进的一部大学物理学教科书，但从知识结构来看基本上是中等力学的教学内容，包含了中等力学的几乎全部内容，没有涉及到大学普通物理的力学内容，而且已经对力学的知识层次有一定的区分。

4. 常福元的《力学课编》

《力学课编》是继《物理学》之后的又一部重要的物理学教科书。英国人非力普・马格纳著，严文炳初译，常福元重订，学部编译局出版发行，清光绪三十二年(1906)十一月刊行，次年(1907)七月重印。《力学课编》的原著于 1875 年在英国出版，曾多次再版，严文炳是根据 1891 年第十七次印刷本翻译，后常福元根据马格纳 1896 年修订本增补重订出版。该书原是英国的力学教科书，是中国人独自翻译的西方物理学著作，是中国第一次以“力学”而不是“重学”命名的物理学书籍。其目录如表 1-2-6 所示。

《力学课编》中有很多音译译名，其中将 Mechanics 译作“米坚律克斯”。米坚律克斯分为“力学”和“动学”，其中力学包括静力学、动力学，动学指现在意义的运动学。运动学部分介绍“有恒之动”(匀速运动)、“无恒之动”(匀变速运动)、“分动与合动”(运动的合成与分解)、“特别坠物”(抛体运动)；动力学部分介绍牛顿运动定律、动量定理、动量守恒定律、功、功率、匀速圆周运动；静力学部分介绍转动、有固定转动轴物体的平衡、简单机械、重心、力的合成与分解等。

表 1-2-6 《力学课编》的内容目录

卷一 测动	第一课 有恒之动 第三课 以几何术演动式	第二课 无恒之动 第四课 分动与合动
卷二 坠物	第五课 无拘坠物	第六课 特别坠物
卷三 量力	第七课 释名 第九课 击力	第八课 力学公式
卷四 奈端动例	第十课 奈端动例第一与第二	第十一课 奈端动例第三
卷五 能力	第十二课 功效 第十四课 能力	第十三课 涩力 第十五课 能力长存
卷六 机器	第十六课 杠杆 第十八课 "鹿盧"(辘轳)	第十七课 轮轴 第十九课 斜板
卷七 静理	第二十课 同线之力 第二十二课 数力不同一线向面同飞于一点之代形合参相敌义	第二十一课 不同线之力 第二十三课 数力不同一线向面同飞于一点之几何相敌义
	第二十四课 平行力 第二十六课 偶力	第二十五课 "旋斡"①
卷八 重心	第二十七课 物止于压面之定静	第二十八课 求多数物之质心或重心之法
	第二十九课 求多数物相连之质心之法	

《力学课编》对力学概念有严格的定义、说明，对物理学的单位有详细的介绍，对物理学现象也有实验验证，而且有大量的练习题。从涉及的内容来看，知识结构完整，内容系统而有条理，涵盖了中等水平的力学全部内容，是比较完整的现在高中力学的教学内容。

5. 中村清二的《近世物理学教科书》

与《力学课编》同一年出版的《近世物理学教科书》，由日本人中村清二撰著，学部编译图书局于清光绪三十二年(1906)出版。这部教科书与前几部相比最大的一个特点在于形式已经完全西化(但概念、术语还有些旧译)，完全

① "旋斡"，即力矩。详见本书第 133 页。

使用了阿拉伯数字和西文字母表达物理学公式，与现在的表达方式完全一致。

该书力学部分共5章，各章内容如下：

第一章“运动之定律”，包括力学、“微体”（质点）、加速度、“运动量”（动量）、“惰性”（惯性）等概念及运动三定律，给出了 $a=\frac{v'-v}{t}$，$f=ma$ 的公式，讨论了“衡凸”（弹性碰撞）及其计算方法。

第二章“坠体及圆周动”，涉及自由落体运动，给出初速度不为零的速度位移公式：$v=v_0+gt$，$s=v_0t+\frac{1}{2}gt^2$，$v^2-v_0^2=2gs$；竖直上抛运动的速度位移公式：$v=v_0-gt$，$s=v_0t-\frac{1}{2}gt^2$，$v_0^2-v^2=2gs$。还介绍了摩擦力，最大静摩擦力的公式及测量加速度的方法——阿德伍德机（译为：“阿脱胡特器”）。

第三章“力”，包括力的“三要项”（三要素）：“强度”（大小）、方向、“力点”（作用点）；力的合成与分解的平行四边形定则。值得指出的是，这里给出的力的平行四边形的图示非常规范，用箭头表示方向，用线段的虚实来区别平行四边形中表示力的线段和表示辅助线的线段。还阐述了“力之平均”（平衡）、“能率”（力矩）、力偶的概念和力矩平衡的条件等，讨论了重心问题。

第四章“工作之能力”，涉及“工作”（功）、“运动之能力”（动能）和“位置之能力”（势能）及“能力不灭之原理”（能量守恒定理）。

第五章“摆”，包括单摆及其周期公式，以及用单摆测定重力加速度的方法。给出了不同地点的重力加速度值，如广州为 $g=979.1\ \mathrm{cm/s^2}$，单位也使用了国际制单位，还介绍了复摆。

《近世物理学教科书》的力学内容简洁明了，包括了大部分中等水平的力学内容，其表达形式已经完全西化，部分术语也基本接近现在使用的术语。

从上述几部力学书籍的内容介绍来看，晚清译介的力学知识除《格物测算》涉及部分大学物理的内容之外（主要是在计算方面），其余传入的内容基本是在现在初等力学、中等力学范围之内的教学内容。大学普通物理的力学内容虽有所涉及（如微积分求解重心问题等），但理论力学的内容没有包括在内。就初等力学和中等力学而言，其知识结构和体系逐步完整、规范，知识层次也逐步有了区分。与上述书籍相比，《重学》传播的内容、形式都有其独特性。

第二章 《重学》的内容编排

《重学》由李善兰和艾约瑟大约从1856年开始翻译，于1859年首次刊行，之后曾多次再版。不同版本的《重学》所包含的内容不同，有17卷本、有20卷本，而且不同版本所包含的序、跋等内容也不同。

第一节 《重学》的译者简介

《重学》是由艾约瑟口译，李善兰笔述完成的。本书将在已有的研究基础上，主要对二位学者的译书生涯和学术素养进行梳理，旨在厘清其翻译《重学》的学术背景。

一、艾约瑟及其在华期间的学术活动

艾约瑟(J. Edkins，1823—1905)1823年12月19日出生于英格兰。17岁进入伦敦大学学习，20岁获学士学位。1847年，他在伦敦接受神职，同年12月，被伦敦教会任命为传教士。1848年3月19日启程离开英国，同年7月22日抵达香港，9月2日来到上海。

在华期间，艾约瑟开始在墨海书馆工作，主要是管理图书。1852年起开始与墨海书馆的华人翻译科学书籍，并接手《华洋和合通书》(翌年改名《中西通书》)的编撰工作。1861—1863年间到天津传教。1863—1880年间定居北京，在北京传教。1872年，艾约瑟在北京与丁韪良发起并创办《中西闻见录》。1873年4月离开北京回国，1876年4月返回到北京。约

于1880年底，脱离伦敦教会，并被总税务司聘为海关译员，从事翻译文书工作。在此期间，艾约瑟翻译了《格致启蒙十六种》(1881—1885)。1889年3月左右，离开北京到上海。1892—1896年间担任 *The Messenger* 的主编。1901年之后开始关注中国经济问题，先后出版了一系列关于中国经济问题的著作①。1905年4月23日，艾约瑟在上海逝世，享年81岁。

艾约瑟在华期间进行了以下几方面的工作。

1. 翻译科学著作

艾约瑟和张福僖合作翻译了《光论》(1853)、与李善兰合译《重学》(1859)和《圆锥曲线说》(约1859年)、与李善兰合译《植物学》(1859)第八卷②、与王韬合译《格致西学提要》或称《格致新学提纲》(1853—1858)等著作，独自翻译《格致启蒙十六种》③，另外还有《数学启蒙》、《声论》未能刊行④⑤。

(1)《声论》和《光论》

关于《光论》和未刊行的《声论》，王杨宗的一篇文章⑥中记录了相关的信息：

> "《光论》1853年翻译完成。《光论》张福僖'自叙'云：'咸丰癸丑年(1853)，艾君约瑟聘予在沪译天算格致诸书，《光论》此其一种也。'但当时未刊行。光绪二十二年(1896)始由江标刊入《灵鹣阁丛书》第二集。《光论》仅约六千字，是中国最早翻译的较为系统的光学著作。"

从晚清学者夏曾佑(1863—1924)致汪康年(1860—1911)的书信中，始知张福僖还译有《声论》一种。此信云：

---

① 参见：邓亮. 艾约瑟在华科学活动研究[D]. 北京：中国科学院自然科学史研究所，2002；吴霞. 英国伦敦会传教士艾约瑟研究[D]. 福州：福建师范大学，2005.

② 《植物学》前七卷李善兰与韦廉臣(A. Williamson)合译。1857年11月，韦廉臣因病回苏格兰，艾约瑟接替韦廉臣与李善兰合作完成《植物学》(8卷)的最后一卷(第八卷)的翻译。

③ 根据《西学述略》上标明的"光绪丙戌"即1886年，经邓亮研究考证这套书最终出版完成的时间应在1888年8月。参见：邓亮. 艾约瑟在华科学活动研究[D]. 北京：中国科学院自然科学史研究所，2002：26.

④ ⑥王扬宗. 晚清科学译著杂考[J]. 中国科技史料，1994(4)：32—40.

⑤ 刘广定. 中文"化学"源起再考[C]//刘广定. 中国科学史论集. 台北：台湾大学出版中心，2002：93—100.

“《光论》、《声论》本拟自抄，奈心绪大恶，俗事亦多，拟倩人代录寄去。二《论》非先君所撰，乃父执张南坪先生所译，西人本不知撰自何人。然观《声论》不分声、音为二事，《光论》言光顺线而发质点，不言光气浪之理，则此二书当在田大理以前，洽奈氏学者为也。故其书精微完备皆不及田氏之书。而循流溯源，亦为治学者所必当深考也。”①

《声论》翻译时间应在1860年之前。《光论》和《声论》是中国最早的光学与声学译著，要比田大里（John Tyndall，1820—1893，今译丁铎尔）的名著《声学》（1874）、《光学》（1876）著作早20年之久。

（2）《格致新学提纲》

艾约瑟与王韬合译的《格致新学提纲》（1853，1858），包括了算学、化学、重学、光学、电学、气学、声学、地学、矿学、医学、机器、动物学、植物学等各门自然科学。此书给出了从1543年哥白尼《天体运行论》出版以来300余年间西方数学、物理学和天文学重要事件的年表。对中国人了解西方科学产生了重要作用。

（3）《格致启蒙十六种》

《格致启蒙十六种》是艾约瑟在海关当译员时，在工作之余翻译的一套初级科学读本。这套读本除《西学略述》是艾约瑟根据其他书编译而成之外，其余15种均按照原本翻译：“余司译于总税署，经本署总税务司赫君择授以泰西新出学塾适用诸书，俾于公牍之暇译以华文，抵今五载得脱稿，告成十有六帧，而其中之博考简收者一曰《西学略述》，依诸原本者十五。”②包括《格致总学启蒙》、《地质启蒙》、《地理质学启蒙》、《地学启蒙》、《植物学启蒙》、《生理启蒙》、《动物学启蒙》、《化学启蒙》、《格致质学启蒙》、《天文启蒙》、《富国养民策》、《辩学启蒙》、《希腊志略》、《罗马志略》、《欧洲史略》。其中，《格致质学启蒙》涉及物理学知识，篇幅较小、内容浅显，没有严格的力学概念，重在说明现象。该书的特别之处是对实验非常重视，有很多对日常现象和力学现象的测验法。

---

① 上海图书馆. 汪康年师友书札：二[M]. 上海：上海古籍出版社，1986：1313.

② 《西学略述》序。参见：艾约瑟. 西学启蒙十六种[M]. 上海：上海图书集成印书局，1898（清光绪二十四年）.

(4)《流质重学》

《流质重学》共3卷,一种说法为艾约瑟自撰《流质重学》3卷,一种说法为与李善兰合译。该问题在后面详细论及,在此不赘述。

2. 编辑报刊和研究科学史

艾约瑟参与了《中西闻见录》、《益智新录》、*The Messenger* 等报刊的编辑工作,同时也是《教务杂志》、《中国评论》的主要撰稿者,在各种报刊上发表文章约500篇,为《中西闻见录》撰稿29篇①。艾约瑟在数学史方面发表过《阿尔热巴喇考》、《阿尔热巴喇附考》、《希腊数学考》等文章,主要发表在《中西闻见录》。天文学史主要体现在1884年左右载于《中国评论》的一系列英文文章和其他人的争论文章,以及1891年左右发表在《万国公报》上的一系列论述。其基本观点认为,中外学术同源,且中学来自巴比伦、印度等地。例如借根方,艾约瑟认为它来自印度,通过阿拉伯人传入中国,并在中国学者的努力下取得了很大进展②。艾约瑟对中国建筑史进行了细致的研究,出版了《中国建筑学》一书。另外还研究了中国的四大发明、中国的铁路建筑技术等。

3. 研究汉语言

艾约瑟掌握十几种语言,有英语、德语、法语、拉丁语、希腊语、希伯莱语、叙利亚语、波斯语、梵语、坦米尔语、日语、朝鲜语,以及汉语(包括大多数方言及少数民族语言,如苗语、满语、藏语、蒙古语)等③。艾约瑟对汉语言有深入研究,尤其对上海方言。在华期间出版了很多语言学著作。《畴人传》对艾约瑟的语言能力评价道:"艾约瑟英吉利国人,通习重学并精算术,道光季年寓居上海租界,熟谙中国语言文字。"④艾约瑟关于语言学研究的一个重要观点是"欧亚语言同源论"。此观点与他的科学史研究的"中外学术同源论"一脉相承。

4. 其他社会活动

艾约瑟除了传教、译书、办杂志、研究语言学等工作外,还进行过一些

---

① 邓亮. 艾约瑟在华科学活动研究[D]. 北京:中国科学院自然科学史研究所,2002: 32—33.

② 邓亮. 艾约瑟在华科学活动研究[D]. 北京:中国科学院自然科学史研究所,2002:38.

③ 吴霞. 英国伦敦会传教士艾约瑟研究[D]. 福州:福建师范大学,2005:15.

④ 诸可宝. 畴人传三编[M]. 刻本. 江阴:南菁书院,1886(清光绪十二年).

其他社会活动，如与太平天国运动的主要领导人的交往、支持女子教育等。

二、李善兰生平及其学术成就

李善兰字壬叔、号秋纫，浙江海宁人，生于清嘉庆十五年十二月八日(1811年1月2日)，卒于清光绪八年十月二十九日(1882年12月9日)。李善兰的学术生涯大致可分为3个时期：传统数学研究时期，墨海书馆译书时期，京师同文馆教学时期①。

1. 传统数学研究时期

李善兰出身于读书世家，自幼就读于私塾，并酷爱数学。10岁读《九章算术》，15岁习《几何原本》(前6卷)。后精学李冶的《测圆海镜》，钻研戴震的《勾股割圆记》、朱世杰的《四元玉鉴》。他对数学书籍广收博学，所造渐深，完成了《四元解》2卷(1846)、《对数探源》2卷(1845)、《方圆阐幽》1卷(1845)与《弧矢启秘》2卷(1845)、《垛积比类》和《麟德术解》3卷(1848)等一系列数学著作。这一时期是李善兰的传统数学研究时期。

2. 墨海书馆译书时期

1852年夏，李善兰来到上海，结识了伟烈亚力(Alexander Wylie, 1815—1887)、艾约瑟和韦廉臣(Alexander Williamson)等西人，开始与他们翻译数学、天文学、力学、植物学等书籍。李善兰在这一时期的学术活动，完全以翻译西书为主，揭开了西学在明末清初之后再度东传的序幕。对于这一时期的工作，李善兰也十分自豪："当今天算名家，非余而谁？近与伟烈君译成数书，现将竣事，海内谈天者必将奉为宗师，李尚之(锐)、梅定九(文鼎)恐将瞠乎后矣！"②

这一时期的译著主要包括：

(1) 与伟烈亚力合译《几何原本》后9卷。关于《几何原本》的底本有的学者猜测是英国巴罗(Barrow)1660年的英译本，徐义保在比较了中译本与巴罗英文本以及1850年以前英国出版的其他主要的15或16卷英文本《几何原本》的基础上认为，李善兰与伟烈亚力翻译所使用的底本是

---

① 李迪. 十九世纪中国数学家李善兰[J]. 中国科技史料 1982(3):15—21.

② 方行，汤志钧. 王韬日记[M]. 北京：中华书局，1987:69—70.

1570年出版的第一个英译本，是比林斯利(Henry Billingsley)所著的《几何原本》(*The Elements of Geometrie of the Most Auncient Philosopher Euclide of Mehara*,1570)①。《几何原本》自清咸丰二年(1852)六月始，历时4年完成。咸丰七年(1857)正月序成，同年刊行。这使得欧几里得的《几何原本》有了完整的中译本。

(2) 与伟烈亚力合译《代数学》13卷。底本是英国棣么甘(A. De Morgan)的《代数基础》(*Elements of Algebra*, 1835)，上海墨海书馆1859年刊行。该书是我国第一部符号代数学读本，内容主要是多项式、一元二次方程，以及指数函数、对数函数的幂级数展开式等问题，其中还介绍了二项式定理、虚数等，这些内容都是首次传入中国。此译本1859年出版后，影响达40年之久。李善兰的译本还被日本人译成日语，他所使用的不少名词在日本广为流传。

(3) 与伟烈亚力合译《代微积拾级》(*Elements of analytical geometry and of differential and integral calculus*,1850)，即《解析几何与微积分初步》18卷，美国人E. 罗密士(Elias Loomis)原著，上海墨海书馆1859年刊行。全书包括《代数几何》、《微分学》、《积分学》三部分，大体相当于我国现代的高等数学。该书第一次将变量数学的内容引入中国，对中国数学的发展具有重要的推动作用。

(4) 与艾约瑟合译《圆锥曲线说》3卷。底本不详。翻译年代大约与《重学》同时。此书比较系统地讲述了3种圆锥曲线。在早期传入的圆锥曲线知识中，以椭圆知识为主。《圆锥曲线说》和李善兰与伟烈亚力合译的《代微积拾级》关于圆锥曲线的知识极大地影响了清末中算家们对圆锥曲线问题的研究②。

(5) 与艾约瑟合译《重学》17卷。底本为休厄尔所著的《力学基础教程》(*An Elementary Treatise on Mechanics: Intended for the Use of Colleges and Universities*,1836)，1859年刊行。

(6) 与伟烈亚力合译《谈天》18卷。底本是英国赫舍尔(John

---

① Yibao Xu. The First Chinese Translation of the Last Nine Books of Euclid's Elements and Its Source[J]. Historia Mathematica, 2005(32):4—32.

② 王全来. 同文馆毕业生杨兆鋆及其数学工作[D]. 天津:天津师范大学,2001:8.

Herschel)所著的《天文学纲要》(*Outlines of Astronomy*, 1851),1859 年墨海书馆刊行。《谈天》是中国第一部全面系统地介绍近代天文学的著作。该书主张日心、地动和椭圆学说,并对牛顿的万有引力定律、开普勒三大定律进行了论证。《谈天》的影响非常大,远远超出了天文学的范围。

(7)《植物学》8 卷。这部书是根据林德利(John Lindley)所著的《植物学纲要》(*Elements of Botany*)重点选译的。这是中国翻译的第一部西方植物学著作。1858 年由墨海书馆刊行,主要论述植物的一般理论。前 7 卷由韦廉臣、李善兰合译,第八卷因韦廉臣回国,改由艾约瑟与李善兰合译。此书刊行不久传到日本。1867 年,日本已出版了此书的 3 册日译注释本。1875 年,又有阿部弘国的《植物学和解》和田原陶琦的《植物学抄译》2 种日译本。在日本植物学界,此书日译本被视为近代植物学史的重要文献①。

(8)《奈端数理》(又名《数理格致》),即牛顿的《自然哲学的数学原理》(1687)。全书共 5 册,李善兰先与伟烈亚力合作,后又与傅兰雅合作,译出 2 卷,共 63 页。该书介绍了牛顿《自然哲学的数学原理》的力学定义、运动的公理和定律,以及第一编"物体的运动"的前 4 章②,未刊行。"奈端"就是"牛顿"的最初译名③。

3. 同文馆教学时期

1860 年后,李善兰做过曾国藩的幕僚,但主要是从事教学、研究工作。1861 年,洋务派奕䜣等奏请开办京师同文馆,1862 年成立,直属总理各国事务衙门。开始只设有外语课程,培养办理洋务所需的翻译人才。1866 年,清政府在京师同文馆设天文算学馆。广东巡抚郭嵩焘上书举荐李善兰到天文算学馆任教。但李善兰忙于在南京出版其《则古昔斋算学》,1868 年才到北京,任京师同文馆天文算学馆总教习。从此他完全转向于数学教育和研究工作,直至 1882 年去世。先后培养学生百余人,知名者有席淦、贵荣、熊方柏、陈寿田、胡玉麟、李逢春等。这些人对西学传播都做出了重

---

① 于应机. 中国近代科学的奠基人——科学翻译家李善兰[J]. 宁波工程学院学报,2007(3):56—60.

② 韩琦.《数理格致》的发现——兼论 18 世纪牛顿相关著作在中国的传播[J]. 中国科技史料,1998(2):78—85.

③ "奈端"最早出现在《历象考成后编》,这是出版的中文著作中最早提到的牛顿的名字。

要贡献。

另外，李善兰在1872—1875年间还参与了《中西闻见录》的编辑，至少担任了部分有关天文算学的审稿，为该杂志撰稿13篇①。傅兰雅在其《在华知识传播会报告》(*The Society for the Useful Knowledge in China*)一文中也提到："在华知识传播会的直接目标是创办一份带有插图的月刊，这份月刊已经出版36期，平均发行近1 000份。"这份期刊应当是指《中西闻见录》，该文指出："很多文章的作者是中国人，其中最著名的是同文馆的李善兰教习。"②

从上述对李善兰和艾约瑟的简单介绍中可以看到，他们翻译的西方科学书籍的内容大多是首次传入中国的，而且涉及了数学、物理学、天文学、植物学等多种学科，翻译这些书籍不仅是对他们科学素养的检验，也是对他们语言能力的考验。从下面两段引文可以看出他们的科学素养。

> "海宁李壬叔善兰与(张文虎)先生，读算契合，咸丰初李先生从英吉利人艾约瑟、伟烈亚力新译《重学》、《几何原本》后九卷。而艾约瑟辈深明算理格致之学，闻(张)先生名，数造访质疑问难，咸大折服，谓为彼国专家勿能及。"③

《几何原本》是先从希腊文翻译成拉丁文，后再转译成英文。由于多次转译，英文译本有不少校勘不精甚至错误之处，李善兰以其深厚的数学功底，纠错正误。伟烈亚力对李善兰翻译《几何原本》时的情况有段记述，英刻本"校勘未精，语讹字误，毫厘千里，所失匪轻……(李)君固精于算学，于几何之术，心领神悟，能言其故。于是相与翻译，余口之，君笔之，删芜正讹，反复详审，使其无有疵病，则君之力居多"④。

李善兰翻译的这些书是第二次西学东渐的第一批译著，具有相当难度，而且大部分知识是首次传入中国的。在相关知识背景比较缺乏的情况下，翻译的艰难和其中的创造性可想而知，当时的一些译名，如"单项式"、

---

① 邓亮. 艾约瑟在华科学活动研究[D]. 北京：中国科学院自然科学史研究所，2002.

② DAGENAIS F. 傅兰雅档案：第二卷[M]. 桂林：广西师范大学出版社，2010：75—76.

③ 缪荃孙.《续碑传集》卷五十七"张文虎墓志铭"，清宣统庚戌年(1910)缪荃孙自序，江楚编辑书局刊本。转引自：李俨，钱宝琮. 科学史全集：第八卷[M]. 沈阳：辽宁教育出版社，1998：332.

④ 伟烈亚力. 续译《几何原本》序[M]//伟烈亚力，李善兰. 几何原本. 南京：金陵书局，1865(清同治四年).

"多项式"、"公约数"、"微分"、"积分"、"根"、"方"、"方程式"等数学名词，以及"细胞"、"科"、"植物学"等植物学名词流传至今。李善兰在翻译史上的贡献在他所处的时代屈指可数。

第二节 《重学》的内容组成

《重学》有多个版本刊行于世，不同版本内容组成不完全相同。《重学》17卷1859年墨海书馆刊行，有钱熙辅跋，无李善兰序。1866年，金陵书局重刊《重学》20卷（以下称金陵本），有李序钱跋，增加《流体力学》3卷，并附《圆锥曲线说》3卷。1867年，美华书馆也重刊《重学》17卷（以下称美华本），有钱跋无李序，增加了卷首和伟烈亚力英文序和"专业术语表"（Vocabulary of Technical Terms）。后来其他书局刊刻的《重学》以及各种丛书中的《重学》都依据金陵本。由于只有《重学》17卷内容来源于原著 *Mechanics*，其他内容如《流体力学》3卷、《圆锥曲线说》3卷均为后来所增加，所以这里首先介绍前17卷以外的内容：李善兰序、钱熙辅跋、伟烈亚力英文序、专业术语表以及流体力学和圆锥曲线的内容。了解《重学》翻译出版的背景，其中的序、跋是最重要的信息资源之一，因此，全文转录其中的内容，并通过这些内容的介绍，为搞清《重学》与原著之间的差别提供基础。

一、《重学》的序、跋及其他

1. 钱熙辅跋[①]（清咸丰乙未年，1859年）

钱熙辅在跋中概述了《重学》一书的大致内容，指出"重学"分"静重学"、"动重学"。重心是力学之根本，举例说明了重学对天文学研究的作用，强调重学对"步天"的重要性，认为重学是研究宇宙的有用之学。另外，还指出了几部参考书目：

"汉志曰：权与物钧而生衡，衡运生规，规圆生矩，矩方生绳，

① 见金陵本《重学》。

绳直生准,是规矩准绳皆本于权衡矣。乃方圆平直之理,《九章》诸书言之綦详,而独不及于重学,岂久而失传耶?西人重学远有师承,近百余年间愈入愈深,且用以步天而知七政之行,由地球与诸曜之互相摄引,故其迟疾时时不等,遂于小轮不同心,天之外别开门户。

胡君威立,英国之精于重学者也,著书十七卷。分动静两大支,其静重学先求重心以得其相定之理,定理既明,乃可以用动力,而轮轴、滑车诸器,或分或合,或复或单,均能以小力运大重,是即动重学之根矣。其动重学有平速、渐加速之分,而地心下引之力为渐加速,速之比例用股而不用弦,故物自上而下,弧线长于圜径,圜径长于通弦,而其时刻无不同者,此皆理势之自然。中土诸人习焉不察,一经拈出,妙义环生,且因此而知一分中月行弧线之矢同于一秒中重物下行之路,盖月之右旋即如重物行于弧线,而地之引力加于月者仅得地面三千六百分之一也。

艾君约瑟谓:言天学者必自重学始。因偕海宁李君善兰同译是书。余得而读之,谓可以补算术之阙文,导步天之先路,而用定质、流质为生动之力,以人巧补天工,尤为宇宙有用之学。爰商之同邑顾君观光、南汇张君文虎,详校而付之梓。书中多以代数立说,中土虽无其术,而西人《代微积拾级》一书,上海已有刊本,且与中法天元大略相似,故不复详释,读者以意会之可也。抑又闻佛兰西人拉白拉瑟著有《天文重学大成》,其立法之奇妙,义蕴之奥衍,当必有进于是书者。李君倘能译而传之,余亦乐为之刊行也。刊《重学》成,因书其后,以询李君。咸丰乙未冬十一月,金山钱熙辅鼎卿氏识。”

这里,“佛兰西人拉白拉瑟”,即法国数学家拉普拉斯(S. M. Laplace,1749—1827),《天文重学大成》应是其著名的《天体力学》(*Mécanicus céleste*,5卷,1799—1825)。

2. 李善兰序(清同治五年,1866年)

李善兰在序中讲述了翻译《重学》的缘由:“考天制器皆用重学,中国人未知重学。”举例说明了“静重学”和“动重学”,概述了重学中静力学与动

力学的核心内容，指出了重心和合力分力为重学之根基，并举例说明。最后指出了数学的重要性。

"岁壬子，余游沪上，将继徐文定公之业续译《几何原本》，西士艾君约瑟语余曰：'君知重学乎?'余曰：'何谓重学?'曰：'几何者度量之学也，重学者权衡之学也。昔我西国以权衡之学制器，以度量之学考天，今则制器考天皆用重学矣。故重学不可不知也。我西国言重学者其书充栋，而以胡君威立所著者为最善。约而该也。先生亦有意译之乎?'余曰：'诺。'于是朝译《几何》，暮译《重学》，阅二年同卒业。韩君绿卿既任刻《几何》，钱君鼎卿亦请以《重学》付手民，同时上板，皆印行无几，同毁于兵。今湘乡相国为重刊《几何》，而制军肃毅伯亦为重刊《重学》，又同时得复行于世。

自明万历迄今，畴人子弟皆能通几何矣，顾未知重学。重学分二科，一曰静重学。凡以小重测大重，如衡之类，静重学也。凡以小力引大重，如盘车、辘轳之类，静重学也。一曰动重学。推其暂，如飞炮击敌，动重学也；推其久，如五星绕太阳，月绕地，动重学也。静重学之器凡七，杆也、轮轴也、齿轮也、滑车也、斜面也、螺旋也、劈也。而其理维二：轮轴、齿轮、滑车，皆杆理也；螺旋、劈，皆斜面理也。动重学之率凡三，曰力、曰质、曰速。力同则质小者速大，质大者速小；质同则力小者速小，力大者速大。静重学所推者力相定，或二力方向同定于一线，或二力方向异定于一点。动重学所推者力生速。凡物不能自动，力加之而动。若动后不复加力则以平速动，若动后恒加力则以渐加速动。而其理之最要者有二：曰分力、并力，曰重心，则静动二学之所共者也。凡二力加于一体，令之静必定于并力线，令之动必行于并力线，且物之定必定于重心，物之动必行于重心线，并力线必经过重心也。

又凡物旋动必环重心，地动是也。二物相连而相绕必环公重心，月地相摄而动是也。故分力、并力及重心为重学最要之理也。

胡氏所著凡十七卷，益以流质重学三卷，都为二十卷。制器考天之理皆寓于其中矣。呜呼！今欧罗巴各国日益强盛，为中国边患，推原其故，制器精也。推原制器之精，算学明也。曾、李二公有见于此，亟以此付梓。上好之下必有甚焉者。异日人人习

算，制器日精，以威海外各国，令震摄，奉朝贡，则是书之刻，其功岂浅鲜哉！同治五年九月李善兰序。”

这里对动力学中关于“力”、“质”、“速”，三者之间的关系的论述需要加以说明。这三者关系的论述应当是对牛顿第二定律的概述，即力、质量、加速度之间的关系。质量相同，力与加速度成正比，而不是与速度成正比。但按照《重学》书中的译名，“速”是“速度”，加速度译作“渐加力”或“渐加力率”。这里应当是译者理解上的问题。

3. 伟烈亚力英文序

伟烈亚力的英文序（*Translation of Whewell's An Elementary Treatise on Mechanics*）只出现在美华本，其他版本没有。这篇序言概述了《重学》翻译的缘由，《重学》的版本，并说明了增加卷首的原因①。

“《重学》是在中国著名数学家李善兰的帮助下，由传教士艾约瑟翻译完成的。关于抽象科学的著作在中国无疑是很稀少的，同样关于应用数学的著作也非常少。在此之前出版的唯一的有关力学理论的著作，即是《奇器图说》（各种奇特机械的配图说明），它由耶稣会传教士邓玉函与中国学者王徵合作翻译。它的中文名称基本上与其内容不相符，因为其中三分之二的内容实际上是有关静力学的基础论述，在“力艺”即“动力学”这一标题下有一系列的六十一个命题，一个介绍性的部分包含了非常可观的关于这门科学的发展史、知识及其益处等信息。自邓玉函所处时代以来，力学有了非常大的进步，从而使得邓玉函的著作远落后于时代。将数学应用于理论发展，开辟了研究的新分支，这无疑给那些热心献身相关学科的中国人留下了好的印象。

《重学》的这个版本是第三版，这表明它的价值。翻译手稿一经完成，松江富商②就出资以木板雕刻，并在末尾加上一个评论性的跋语。这个跋也重印于当前版本。雕板完成于1859年，但未及印出十套，收贮雕板与其他著作的房屋因连年叛乱而被焚

① 由韩琦译为中文。参见：邓亮，韩琦.《重学》版本流传及其影响[J]. 文献，2009(7)：151—157.

② 原文中有“Tseen He-foo”，即钱熙辅，这里的松江富商即钱熙辅。

烧，因而《重学》第一版就此被毁。

与此版同时，在南京还有另一木刻本正在进行，它是由总督李鸿章出资并监督完成的，并在今年年初已经出版发行。

当前版本通过一个绅士的劳动已经出版了。他因关注中国人的文明和知识进步而著名。此版是活字印刷，其中的大量代数公式为中国活字印刷术的能力承受了一次严峻的考验。在此版中，还用了一种新字体，特别适用于数学形式。这种方法给将来类似的工作带来便利。

在正文之前附加了卷首，它以一种通俗的没用数学公式的方式，对机械能作了简短的介绍，希望能对那些以前就留意过这些方面的人们有所帮助。

伟烈亚力，1867 年 5 月。”

4. 专业术语表(Vocabulary of Technical Terms)

英汉词汇术语表共 130 个词汇。其中包括一些力学概念的名词术语，如渐加力(accelerating force)、渐加(acceleration)、面阻力(friction)、不肯动性(inertia)等，也包括一些器具和其他的术语或词，如锅(boiler)、原角(angle of incidence)、回角(angle of refection)、水路(canal)、强(compel)、缩(condense，condensation)、冷化器(condensing engine)、曲柄(crank)、环心(crown of arch)、空圆柱(cylindrical box)、运水器(pump)、打椿器(pile driver)等，这部分词汇完全被收入了《英华翠林韵府》。

二、《重学》的“卷首”

美华本《重学》流传较广，目前国内多家图书馆有收藏，日本的东北大学图书馆和美国国会图书馆中文善本室收藏的《重学》也是该版本。此版本与其他版本的主要不同之处在于增加了《重学》“卷首”、伟烈亚力英文序、专业术语表。

1. 《重学》“卷首”来源于《重学浅说》

(1)《重学浅说》

据伟烈亚力记载：《重学浅说》(*Popular Treatise on Mechanics*，图2-2-1)

译自一篇英文论著，共 14 页。它最初载于《六合丛谈》(*Shanghai Serial*)①的最后 2 期上，后又出单行本(1858)②。根据日本的八耳俊文的研究，《重学浅说》的底本为 1849 年本《国民百科》(*Chambers's Information for the People*)"机械—机械装置"(Mechanics-Machinery)条目③。《六合丛谈》本与 1858 年单行本略有不同。1889 年，《重学浅说》又收入王韬《西学辑存六种》中④，次年重印。后又被收入各种丛书中，如《西学富强斋丛书》、《续西学大成》等。从刊行的时间上看，《重学浅说》比《重学》(1859)早一些，是晚清在力学方面最早的译著⑤。在《增版东西学书录》"重学第十三"中言《重学浅说》："首述重学源流，备举创法诸人；后论发原权衡、动静等理；又有总论曰简器、曰繁器，而总名之曰助力器，意简词明，最便省览。"⑥

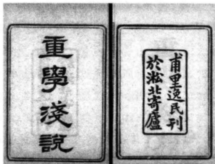


图 2-2-1 《重学浅说》

《重学浅说》⑦，其首页有"英国伟烈亚力原译，长州王韬紫诠笔著"，末尾有"门人吴县叶耀元子成手校"的字样。其内容包括"重学原始"、"重学总论"和"总论重学之理"三部分。

"重学原始"讲述重学的分类、重学的重要性和重学发展史，分类中言

① 《六合丛谈》是伟烈亚力主办的一个定期刊物，由墨海书馆在上海于 1857 年 1 月 26 日首刊，是一份月刊，共出版了 15 期，1858 年 6 月 11 日停刊。

② WYLIE A. Memorials of protestant missionaries to the Chinese[M]. Shanghai: American Presbyterian Mission Press, 1867:173.

③ 八耳俊文. 在自然神学与自然科学之间——《六合丛谈》的科学传道[M]. 季忠平，译. 上海：上海辞书出版社，2006:117—137.

④ 伟烈亚力，王韬. 重学浅说[M]//王韬. 西学汇参六种. 上海：淞隐庐，1890(清光绪十六年).

⑤ 戴念祖. 中国科学技术史：物理学卷[M]. 北京：科学出版社，2001:549.

⑥ 《增版东西学书录》。参见：王韬，顾燮光. 近代译书目[M]. 北京：北京图书馆出版社，2003:196.

⑦ 伟烈亚力，王韬. 重学浅说[M]//王韬. 西学汇参六种. 上海：淞隐庐，1890(清光绪十六年).

重学分"静重学和动重学"。"静重学如权衡、轮轴、杠杆、滑车、斜面、螺旋、尖劈之类;动重学如流质、水、火、风气、船舶、枪炮、圆球、秒摆之类。而其理最要有二:曰分力、并力,曰重心,为动静二重学之枢纽。盖万物以重心为定。若二力加于一体,令之静,必定于并力线,令之动,必行于并力线。故知分力、并力与重心而环绕,摄动诸力,一切重理皆从此出,得其要领,而重学思过半矣"。"重学有动静,亦分有流质、气质二种"。在重要性中讲到:"重学之由来古矣,制物造器无不出于重学,不知重学则不明夷险之理。""西人之制器也,其精者曰重学。重学以轻重为学术,凡奇器皆出乎此……不明重学之理者,不足与言制器。""重学不可一日废也。"

在西方重学的发展中提到"亚奇默德"创立重学,"伽利略"发现自由落体运动。"两物相撞之理为英人瓦利斯考","获时钟摆线之理为荷兰人海根斯考","获抛物之径路、水液两质之流动,并物力互相吸引之理者为英人奈端"。这里提到的分别是亚里士多德、伽利略、华里斯(Wallace)、惠更斯、牛顿的贡献。还提到"多利遮里"(托里拆利)、"巴斯加勒"(帕斯卡,B. Pascal)、"拜勒"与"马略德"(波义耳—马略特),"瓦德"(瓦特,J. Watt)等人的贡献。

"重学总论"包括什么是重学,即"凡物用力推其理名曰重学";重学之力与化学之力的区别;简器和繁器,简器包括六类简单机械:杆、轮轴、滑车、斜面、劈、螺旋的用途及其力学原理。繁器"合数器为一器,总名为助力之器"。不论简器、繁器"皆有用力之巧法寓于其内"。指出机械"增力不能增速,增速不能增力"。分别论述了六类简单机械的力学原理,还涉及到叠杆、滑轮组的内容。

"总论重学之理"总结到重学之理普遍存在,即万有引力定律,并举例说明:"凡重学力所包甚广。重由地心而发,凡体皆含摄力。""地心绕日及自转,水与风气之动法皆合重学力之理,而人之造作亦归重学。"

《重学浅说》重点涉及了西方力学发展史和静力学的机械部分,可以说所涉及的内容是力学中最基本的部分,这部分内容在第一次西学东渐已经基本传入。对力的合成、分解和动力学部分虽有所涉及,但没有展开论述。

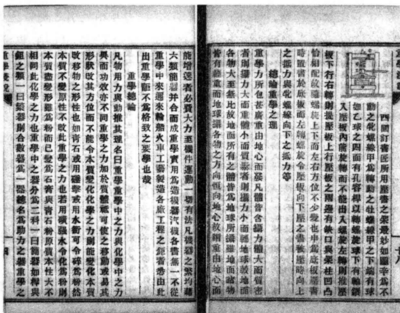
从上述李序钱跋以及《重学浅说》的内容来看，李序钱跋中的一些内容与《重学浅说》中的内容相似，如“并力及重心为重学最要之理”。这些内容在晚清广泛流传，具体情况在第五章详细分析。

(2)《重学》“卷首”与《重学浅说》异同

《重学》“卷首”源于《重学浅说》，但是其中的内容、插图、文字等却有一些细微差别。

第一，内容上的差异。

《重学》“卷首”没有《重学浅说》的第一部分“重学原始”，只有后两部分，且名称上有变化，第二部分由原来的“重学总论”改为“总论”，第三部分由原来的“总论重学之理”改为“总论”，在《重学》“卷首”中这两部分在名称上都是“总论”，重复。如图 2-2-2、图 2-2-3 所示。


重學淺說 十八

四圖訂書匠所用壓書之架最妙如圖辛為不動之牝螺綫甲為轉動之牡螺綫甲之下端有球如乙球之四面有孔容桿以轉螺旋球下有軸鑲入壓板內能旋轉而不能出入螺旋左轉則推壓板下行右轉則提壓板上行壓板之兩邊有缺口與架柱凹凸恰相配故隨螺旋上下而左右方位不少變也申為底板壓書時置書於底板而左轉螺旋令壓板向下壓之書被壓時向上之抵力與牝螺綫向下之抵力等

總論重學之理

重學力所包甚廣重由地心而發凡體皆含攝力體大而質密者則攝力大而重體小而質鬆者則攝力小而輕地球較地面各物大至無比故地面所有之體皆為地球所攝雖地面諸物皆有輕重而地球攝各物之方向恒向地心故謂重由地心而

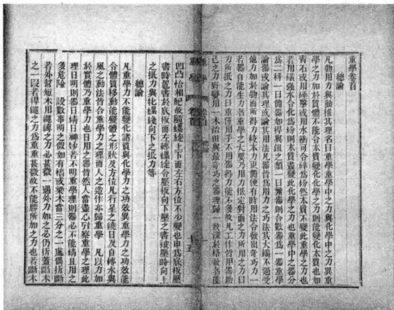
能增速者必資大力至機件運動一切有法凡機器之繁均藉六類簡器并合而成重學實用為造機器汽機各舊無一不從重學中來邇來輪船火車工藝製造各廠工程之鉅者悉由此出重學詎不為格致之要學也哉

重學總論

凡物用力與動推其理名曰重學重學中之力與化學中之力與而功效亦不同重學之力加於質體祇可使之移動或易其形狀改其方位而不能令本質變化化學之力則能變化本質改移物之形性也如青石或用碰擊或用水衝可令碎為粉然本質不變原性不改此重學之力也若用礦強水令化為粉則本質盡變形雖為粉而已變為石膏與青石粉原質本性大不相同此化學之力也重學中之器分為二科一曰簡器如桿與飽之類一曰繁器則合數器為一器總名為助力之器重學之

重學淺說 四

图 2-2-2 《重学浅说》书影



重學卷首

總論

凡物用力與動推其理名曰重學重學中之力與化學中之力異重學之力加於質體不能令本質變化化學之力則能變化本質也如靑石或用錘擊或用水衝可令碎爲粉然本質不變此重學之力也若用礦强水合化爲粉則本質盡變此化學之力也重學中之器分爲二科一曰簡器如桿與鈕之類一曰繁器則合數器爲一器重學論器或論其理或論其用法凡器皆爲用力之巧法其大端不過受他力加於物而所得力較本力更簡便有時用法令發出奇巧力一若器自能生力者重學之大要乃用力抵定對面之力所用之力曰力所抵之力曰重倘用手不用器得力能不多故凡工作皆用器助己之力野蠻用一木治田與最奇巧之器理歸一致深於格致者能

凹凸恰相配故隨螺旋上下而左右方位不少變也申爲底板壓書時置書於底板而左轉螺旋令壓板向下壓之書被壓時向上之抵力與牝螺綫向下之抵力等

總論

凡重學力不能變化諸質與化學力之功效異重學力之功效能令體質移動能變體之形狀及方位凡行星之繞日及自轉水與風之動法皆合重學力之理而人之造作亦歸重學　凡以力加於實體乃重學力也日用之器皆然人當盡心考察重學之理此理日明則器日精日神妙若不明重學理則器必不能精且用之多危險　設數事明之假如有橋或梁木當三分之一處偶折斷若外幫短木用繩縛之力必甚微一過外力加之必仍折蓋斷木之一段若桿繩之力爲重重甚微故不能勝所加之力也若斷木

图 2-2-3 《重学》“卷首”书影

第二，文字上的差异。

从文字上看，《重学》“卷首”的文字比《重学浅说》简略，前者将后者中的一些做出进一步解释说明的内容删掉了。举例说明如下（括号中为《重学》“卷首”删掉的内容）：

“凡物用力与动，推其理名曰重学……重学之力加于质体（只可使之移动或易其形状、改其方位而）不能令本质变化。化学之力则能变化本质（改移物之形性）也。”

“凡繁器大率合此六器而成。（分言之各具一理，合言之总归一公理，即增大力不能增速，增速不能增力也。凡机械之制无论繁简若何、用法若何，均不能出此六器之中。）”

事实上，第二段引文中删掉的内容涉及“六器”的原理，是比较重要的。

另外，还有极个别文字措辞略有不同。例如，

《重学》：“重学之器或论其理或论其法，凡器皆为用力之巧法。”

《重学浅说》：“重学论器或论其理或论其用，皆有用力之巧法

寓于其内。”

第三，文中插图略有区别。

例如，在全书的37幅图中，有3幅图差别较大，如表2-2-1所示，第一组和第二组图《重学》“卷首”没有采用《重学浅说》的插图，与《重学》正文中的图一样，是来自于底本 *Mechanics* 一书中的2幅图，第三组图中《重学》“卷首”将《重学浅说》的图上下倒置。

表 2-2-1 《重学浅说》、《重学》“卷首”和 *Mechanics* 插图对比

	《重学浅说》	《重学》“卷首”	说明
第一组			来自*Mechanics*（1836）
第二组			来自*Mechanics*（1836）
第三组	(1)	(2)	(3)

从上述的对比来看，《重学》“卷首”与《重学浅说》是源于同一文本，但刊刻时有所改动，整体内容上选择了《重学浅说》后两部分，文字上有节略，插图也有修改。在修改中，除选用了 *Mechanics* 中的2幅插图之外，还对《重学浅说》的1幅插图进行修改，如第三组图是用于分析“劈”的力学原理的，《重学》“卷首”将图(1)倒置为图(2)，这种修改不仅没必要而且不妥。

2.《重学》“卷首”与《重学》相关内容之间的区别与联系

《重学》“卷首”涉及部分静力学内容，即机械部分；《重学》涉及机械、力

的合成与分解、重心和刚体静力学等知识，以及牛顿运动定律、抛体运动、动量定理、动量守恒定律、机械功、摆等动力学知识，机械只是《重学》中一部分内容。《重学》内容如表 2-2-2 所示。

表 2-2-2 《重学》的内容目录

静重学，7 卷	动重学，10 卷
卷一　论杆	卷八　论质体动之理
卷二　论并力分力	卷九　论平动相击
卷三　论七器	卷十　论平加速及互相牵引之理
卷四　论诸器合力	卷十一　论抛物之理
卷五　论重心	卷十二　论物行于曲线之理
卷六　论刚质相定之理	卷十三　论动体绕定轴之理
卷七　论面阻力	卷十四　论器动
	卷十五　论动面阻力
	卷十六　论诸器利用
	卷十七　论相击抵力之理

可以看出，《重学》"卷首"的内容与《重学》正文的第一卷、第三卷和第四卷的内容有重复，《重学》"卷首"涉及六类简单机械和部分机械合成，而《重学》的第一卷、第三卷介绍了七类简单机械（比"卷首"多"齿轮"部分），第四卷专门介绍了机械的合成。另外，二者叙述方式有很大区别。从总体上讲《重学》"卷首"通俗、浅显、无数学公式，而《重学》的正文是非常专业的力学著作，有公理、定理和定理的证明过程，并应用了代数学、微积分等数学工具。因此，从内容的叙述上，即使是同样内容，《重学》也是更系统、完整，理论性更强。

由于"卷首"是王韬与伟烈亚力翻译，而《重学》是李善兰和艾约瑟所译，所以，其中有个别力学术语表达不完全相同。例如，《重学》"卷首"中将杠杆中的"支点"译作"倚点"，将力臂译作"力倚距"，而《重学》分别译作"定点"、"定距线"或"离心直角线"。

从伟烈亚力的英文序中可知，这部分应当是伟烈亚力加上的，并且指出，《重学》前加"卷首"是为了便于初学者学习，因为"内容通俗，没有数学

公式”。不过，增加的这样一部分与书中内容重复，显得《重学》一书的体系、结构比较混乱。

三、《重学》的附加内容

1.《圆锥曲线说》

《圆锥曲线说》3卷，艾约瑟口译，李善兰笔述。其最早的版本是金陵本《重学》的附刊本，所据底本不详，翻译时间也有争议。李俨先生的《李善兰年谱》1859年记载：“又《圆锥曲线说》三卷，题艾约瑟口译，李善兰笔受的，当亦成于此时。”[①]但是根据目前研究发现，此事应在1859年之后。例如，《圆锥曲线说》卷二第五款注：“详《代微积拾级》。”卷三第五款注：“此割线《代微积拾级》名次切线。”华蘅芳（1833—1902）在清光绪十八年（1892年）刊行的《抛物线说》中跋：“忆余二十岁时，阅《代微积拾级》，粗知抛物线之梗概，而《重学》中《圆锥曲线说》尚未译出也。”以是知，《圆锥曲线说》译成当在《代微积拾级》之后[②]。

《圆锥曲线说》，分别依次介绍了椭圆、双曲线、抛物线的几何性质。

圆锥曲线的知识从明末清初开始传入中国，早期传入的主要是椭圆知识。明末清初关于曲线的论说不详细也不完备，其中主要以椭圆知识为主，而且主要保存在天文学、机械、力学著作中，如《崇祯历书》、《灵台仪象志》、《奇器图说》等。圆锥曲线的系统传入是伴随着西方变量数学传入中国而完成的。以李善兰翻译的《代微积拾级》和《圆锥曲线说》为标志，将圆锥曲线的知识从内容和方法上比较系统地传入中国。其中，《圆锥曲线说》各款内容大部分与《代微积拾级》相同，但是《圆锥曲线说》是一部以纯几何方法论证圆锥曲线性质的著作，补充了《代微积拾级》中的解析方法。

圆锥曲线知识由于与天文学、力学（主要是弹道问题）相关，受到中算家的重视，同时也受到传教士的重视。例如，傅兰雅撰著了《曲线须知》，通过比较可以清楚地看到，它是《圆锥曲线说》的节本。据徐维则记载：“傅兰

---

① 李俨，钱宝琮.科学史全集：第八卷[M].沈阳：辽宁教育出版社，1998：335.

② 高红成.西方数学在中国的传播与中算家的知识结构——以中算家的圆锥曲线说为例[D].天津：天津师范大学，2007：13.

雅著是书，即《圆锥曲线说》之节本，所节亦不过十分之一。”[①]《重学》附卷中的《圆锥曲线说》为这部分知识的传播也起到了一定的作用。

2.《流质重学》

《重学》中第二部分附加内容是《流质重学》3卷。这3卷非原著 *Mechanics* 的内容，关于其来源，梁启超认为是艾约瑟自己“撰《流质重学论略》三卷、《圆锥曲线说》三卷，附于同李善兰共合译之《重学》卷后刊布”[②]。《畴人传》中记载：“约瑟以胡书言流质重学未详备，专集论略得三卷，附益之，共成二十卷。”[③]关于这部分内容的来源，邓亮、韩琦做了研究[④]，查明这3卷内容在《重学》出版前已经发表，连载于1855年至1857年《中西通书》中。而后李善兰在南京重刊《重学》时增补为该书的第十八至二十卷，并指出，对比《中西通书》的相关部分与金陵本《重学》中“流质重学三卷”发现，二者标题、附图以及内容几乎完全一样，但后者在文字上稍微有所改动。例如，1855年《中西通书》中“流质重学总论”在叙述流体力的分类时称“流质有二力，曰互牵力，曰互推力”，而在金陵本中则改为“流质有二力，曰互摄力，曰互推力”。就章节对应关系而言，1855、1856、1857年《中西通书》中“流质重学”、“续流质重学略”、“再续流质重学略”，即金陵本《重学》第十八、十九和二十卷。《中西通书》没有任何译者信息，而金陵本《重学》中则明确署名“英国艾约瑟口译、海宁李善兰笔述”，此可补充《中西通书》的作者信息。而且该研究推测，如同“流质重学”一样，艾约瑟和李善兰已经合译了“圆锥曲线说”，然而《圆锥曲线说》也未刊载于《中西通书》或《六合丛谈》中，直到李善兰在曾国藩幕府重刊《重学》才发表了这一部分。

《流质重学》3卷[⑤]有“重学卷十八（以下三卷附流质重学略）”的字样。涉及流体力学最基本的内容，包括了液体和气体部分，涉及了静止流体和运动流体的基本知识，大多是定性讨论，解释日常现象。

这3卷流质重学的每一卷都没有名称，各卷都以若干知识点组织内

① 引自：《增版东西学书录》。参见：王韬，顾燮光. 近代译书目[M]. 北京：北京图书馆出版社，2003：192.

② 朱维铮. 梁启超论清学史二种[M]. 上海：复旦大学出版社，1985：503.

③ 诸可宝. 畴人传三编[M]. 刻本. 江阴：南菁书院，1886：4.

④ 邓亮，韩琦.《重学》版本流传及其影响[J]. 文献，2009(7)：151—157.

⑤ 李善兰，艾约瑟. 重学[M]. 南京：金陵书局，1866(清同治五年).

容。第十八卷包括“总论”、“论缩力”、“论抵力”、“论流质面形状”等19个知识点。主要涉及了液体的压力、压强和物体在液体中所受浮力，平衡问题，以及由此解释日常现象，如“论泉穴”、“论物在流质中或升或降之理”、“论热气上升之理”等。

第十九卷包括“论轻流质”、“论各种气分合之理”、“论气抵力”、“论地球外有风气包之”等10个知识点。主要涉及了气体的压强、大气压，以及用大气压解释日常现象，如“论气层层包裹之理”、“论风”、“论倒器口风气抵力”等。

第二十卷包括“论流质之动”、“论流质出口迟速”、“论流质出口形状”、“论流质阻力”等8个知识点。主要涉及了流体出口的速度、形状、液体流动时所做的功，并解释了“川中水流”、“浪”、“潮”等现象。

具体的知识如下：

(1) 流体的形状

“流质在涡贮密封之器中，流质面形状即器内面之形状。”“流质于相通诸器中诸面高下必俱在一个地平面上。”“水及水银贮器中，其面异。近边处，水必略高，水银必略低。贮小管中，近口之面，水银必凸，水必凹。此何故？盖另有二力，一为流质诸点互相合力；一为流质与器口诸质点相合力。流质面直交二合力之并力，并力愈大，曲度愈多。”(卷十八)讲到毛细现象，还讲到容器装水和水银时可看到浸润和非浸润现象，指出这是两种力作用的结果，前者为内聚力，后者为附着力。

(2) 阿基米德定律

“昔希腊国弥底推得其理，谓物入流质中必变轻，所减本重等于等体流质重。”(卷十八)其中，“弥底”就是阿基米德，并以这一理论说明了气体的压强。物体在液体中沉浮：如果物体不能静止在液体中“则物在流质中必或升或降，以物本重或小或大于等体流质重”①。这部分知识《奇器图说》中已有较完整的内容。

(3) 托里拆利实验

“明崇祯十三年(1640年)，伽离略始测定气之重，其门人据此以发明

① 原文为“则物在流质中必或升或降，以物本重或大或小于等体流质重”。引自：《重学》上海积山书局本，可能刻印有误。

恒升车水升之理，测气之器，即风雨表也。其法用玻璃管，长英尺三十二寸。两端一通一塞，满贮水银，倒植水银器中，管中水银必下降。最卑至二十八寸，最高至三十一寸而定。"（卷十九）借助此法可得到真空。其中"门人"即托里拆利，他曾任伽利略的秘书，并继承伽利略任佛罗伦萨大公的数学和哲学顾问。书中还提到一些演示实验及其原理，如"倒器中能令水倒悬不出者，因器口有气抵力抵定故也"（卷十九）。

(4) 空气的组成成分

"包地球外之气，非一种也，乃各种气相合而成。""计百分气中，有养气二十分或二十一分，淡气七十九分或八十分。二气和洽而成……气中又有炭气、水气，然俱甚微。"（卷十九）

(5) 连通器原理

"一个平面上诸点距地心等，则地心力加之亦必等，所以诸点若不在一个平面不能定……试用相同多器列于平面，大小形状不必同，以水入一器必通于诸器，且其面必彼此相平。"（卷十八）

(6) 液体的压强和产生压强的原因

"定质、流质抵力不同，定质抵力静动只有一个方向，即加能为之方向也。流质抵力处处皆具方向。""流质各点因地所生之抵力，流质愈深抵力愈大。盖流质定于器中，各层流点自下而上俱为地力所加，澄然不动。因各点抵力大小相并相抵故也。如此地力加于流质各点，其各点抵力加于下面一点，而抵力通于四周方向。欲知流质压于平面（即地平面）抵力若干，当以流质高乘面积得体积，其重即平面抵力也。"（卷十八）《奇器图说》亦有所涉及。

(7) 气体实验定律

"凡气之冷热不变，则涨力大小与所处空体之大小恒有反比例。此理英国鲍以勒始发之。"（卷十九）"鲍以勒"指波义耳，这里是波义耳定律：一定质量的气体，温度不变，压强与体积成反比。

(8) 流速

"凡器中流质出器口入气中，行成柱体，若无物阻之，其柱之面恒不变。当出口时，各质点之速等于空中下坠已过若干路所当得之速。"（卷二十）即流速 $v=\sqrt{2gh}$。

(9) 流质出口形状

"凡流质出口在器底，必直向下行，在器旁必依抛物线行，皆作柱状而渐缩。"(卷二十)

(10) 流质阻力

"凡物行于流质中，必生阻力，阻力之大小视流质之厚薄及行之迟速。"(卷二十)并且讨论了不同流质、不同速度情况下流质的阻力。

从编排体系上看，《圆锥曲线说》是按照公理化体系组织内容，与《重学》正文的内容组织方法比较接近，而流体力学部分则重在解释现象，每部分内容多有定性介绍没有证明。从这两部分的内容与《重学》的关系来看，流体力学的补充使得《重学》在力学知识上更加全面、完整，但是从知识层次上来看，流体力学部分显然比《重学》的内容粗浅得多，基本相当于初等水平的力学知识。对《圆锥曲线说》而言，可以看做《重学》中数学工具的一种补充，对《重学》中涉及到的相关问题的理解与应用应该有很好的帮助。

第三节 《重学》的知识编排

1859 年以后，牛顿经典力学的知识较全面地传入中国。《谈天》、《重学》、《代微积拾级》这 3 部著作包含了牛顿经典力学的主要内容和数学方法。《谈天》涉及了万有引力定律、五星运动、开普勒三定律、行星质量的测定等。《代微积拾级》介绍了微积分的概念和算法，初次引进力学的数学方法。《重学》包括了当时西方近代力学的绝大部分知识[①]。特别值得一提的是，《重学》介绍了牛顿运动定律，17 世纪沃利斯、雷恩和惠更斯建立的碰撞理论，刚体的平衡、刚体的转动和曲线运动，而且使用了微积分的方法讨论了速度、加速度、刚体转动惯量等问题。

《重学》所包含内容如表 2-2-2 所示。分为"静重学"、"动重学"。前 7 卷内容为静力学，依次是"论杆、论并力分力、论七器、论诸器合力、论重心、论刚质相定之理、论面阻力"。其中部分内容《奇器图说》等书已论及。"动重学"为动力学，第八至十七卷内容为动力学，依次是"论质体动之理、论平

① 《重学》翻译的底本是原著的第五版，该版删掉了分析力学的内容。

动相击、论平加速及互相牵引之理、论抛物之理、论物行于曲线之理、论动体绕定轴之理、论器动、论动面阻力、论诸器利用、论相击抵力之理”。这些内容绝大部分是第一次传入中国。

一、《重学》的静力学知识

1. “重学”的概念

李善兰在《重学》序中解释了重学:“重学者,权衡之学也”,“重学分二科:一曰静重学,凡以小重测大重,如衡之类,静重学也;凡以小力引大重,如盘车、辘轳之类,静重学也。一曰动重学,推其暂,如飞炮击敌,动重学也;推其久,如五星绕太阳,月绕地,动重学也”。比《奇器图说》中“力艺重学也……用力之巧法、巧器”的叙述更进一步,包括了动力学部分,但对“静重学”、“动重学”的介绍只是通过举例说明,没有对概念的严格界定,对重学理解为“权衡之学”也不够完整。事实上,在休厄尔所著的 *An Elementary Treatise on Mechanics*[①] 中,关于这 3 个概念有明确的定义:

Mechanics is a science which treats of the motion and rest of bodies as produced by Force. The science of Mechanics is divided into two parts, Statics and Dynamics. Statics, which treats of forces in equilibrium; Dynamics, which treats of force producing motion. (力学是研究在力的作用下物体静止和运动的科学。力学分为静力学和动力学两部分:静力学研究使物体平衡的力;动力学研究使物体产生运动的力。)

这段内容在原著导论部分,翻译时被删,李善兰给出的上述定义应当是他自己的理解。重学的概念在整个晚清力学的传播中都不够清晰、明确,该问题第五章将详细探讨。

2. “静重学”——静力学知识

(1) 机械

在《重学》之前,简单机械的知识基本传入中国,而且比较全面,但是《重学》中的这部分知识更加系统,每一个定理、定律都有相应的证明,并且

---

① WHEWELL W. An elementary treatise on Mechanics: intended for the use of colleges and universities[M]. Cambridge: Deighton's, 1847: 1, 5.

有定量计算的方法。另外,《重学》涉及了复合机械(“助力合器”)以及复合机械的力学原理、“机械利益”(advantage)等内容,这在《重学》之前很少论及。

卷一“论杆”,“论杆力重相定之理”,即论述杠杆平衡原理。其中介绍了杠杆的概念、种类(直杆和曲杆)、平衡条件和原理,并把杠杆二力平衡的原理推广到数力平衡的情况。

卷三“论七器”,论述了简单机械“七器”的力学原理以及不同机械之间力学原理的区别与联系。“七器”比明末清初的“六器”多出“劈”的内容。“七器,一曰杆、二曰轮轴、三曰齿轮、四曰滑车、五曰斜面、六曰劈、七曰螺旋。轮轴、齿轮、滑车之理与杆同,劈、螺旋之理与斜面同。”并给出了这七类机械的“力”与“重”之间的定量关系,即动力与阻力之比与动力臂与阻力臂之比的关系,揭示了“七器”的力学原理。例如,轮轴:“力重相对加于轮轴,力与重比若轴半径与轮半径之比”。同时也给出了齿轮、动滑轮、静滑轮、斜面、劈、螺旋各种机械的动力、阻力、动力臂、阻力臂之间的定量关系,并且给出了 3 种滑轮组省力之力学原理,如“有索过动滑车之周,两端平行,力重之比同于一与二比……”这部分知识在晚清传播得比较充分,一般与力学相关的书籍都会涉及到。

同时,论述了复合机械“助力合器”及其力学原理;给出了各种简单机械的“机械利益”。“杆之助力乃力距定点与重距定点之比”,即杆的“机械利益”等于动力臂与阻力臂之比。“轮轴之阻力乃轮半径与轴半径之比。齿轮之助力乃大轮齿数与小轮齿数之比。单滑车之助力乃二与一之比,连滑车乃……” 然后给出“合器之利益”:“欲知助力合器助力若干以各器之助力率相乘既得”。

卷四“诸器合力”,主要分析了动力和阻力与各自产生的速度之间的关系:“甚小力用助力器可举甚重,然力愈增则时愈增,用助力愈多,重动之速愈减。”“任何助力器,力重之比必同于重方向线上重动速与力方向线上力动速之比。”并通过“七器”和 3 种滑轮组来分析上述内容,给出了七类简单机械动力和阻力与各自产生的速度之间的定量关系。这部分内容远远超出了初等水平的力学中简单机械的内容,中等水平的力学中也少有涉及。晚清其他与力学相关的书籍也少有涉及。

(2) 矢量的合成与分解

这部分包括了力和速度的合成与分解，是新知识。

卷二“论并力分力”，主要给出“并力”、“分力”的概念；力和速度的平行四边形定则。例如，“第一款：凡分力线上辅成平行四边形，则并力线即对角线，两边为两分力方向大小率，对角线为并力方向率”，指出用线段的长短表示力的大小；“第三款：凡线平行于力之方向，线之长短与力之大小有比例，在线可为力之率”，指出用作图法求在同一平面内的2个力、3个力和多个力的合力，给出不在一个平面内的多个力求合力的平行四边形定则以及相关的应用。其中，不在一个平面内的力的合成与分解，超出了中等水平的力学的范围，这在晚清其他与力学相关的书籍也少有涉及。给出了速度的合成与分解：“若有二速相合以平行四边形之二边为分速大小方向率，则对角线必为并速大小方向率。”

(3) 重心

重心的知识明末清初已传入，而且是当时研究的一个热点问题，一些中算家，如梅文鼎(1633—1721)、邹伯奇(1819—1869)等，对此进行了深入的研究，但《重学》所论述的重心知识更加系统、全面，更具近代科学特征。

卷五“论重心”，介绍了重心的概念、质点系的重心、各种形状的质量分布均匀的物体的重心等。例如：

重心的概念：“无论一体、合体必有重心。地力加之诸点任何方向，必定于此点。”

重心的性质：“若有线或面过合体重心，将此线或面举起，合体必定于此线、此面，因重心既定，不论何方向合体俱定也。”说明物体重力合力的作用线通过重心。

质点系的重心：“合体”(无数质点为一体)即为质点系，给出质点系的重心求解方法。“凡合质体无论以何方向定于一线，重心必在此线上。”“设令无数质点为一体，定于直线则两边各质点重距积之和必等。重距积者直交重心面之线乘本重所得之积也。”“重距积”一词是指力矩，说明过重心的重心垂面物体系两边力矩相等。又分别给出两质点同线、多质点同线、多质点同面、多质点不同面时重心的求法(涉及到二维、三维的质点系的重心的求解方法)，并指出“诸质点之能或散而相定，或收于重心相定，其理无异”。

各种形状物体的重心：由质点系重心的求解方法引出各种形状物体重

心的求解方法，如"假设有三个质点置于三角面之三角，则三体之重心即三角面之重心"。给出直线、平行四边形、三角形、两边平行的四边形、锥体（三棱锥、多棱锥、圆锥）、台体重心的求法，还讨论了重心与平衡状态的关系。最后给出了求解重心的一般方法。

另外，在其他章节，如卷六、卷八、卷九、卷十三、卷十四，也涉及了重心的应用。在刚体静力学（刚体的平衡）、刚体动力学（刚体的转动），以及运动学（如两个运动物体的重心）、动力学和碰撞问题中都涉及到了重心知识的应用。

此后很长的一段时间内出版的相关科学书籍中，关于重心的知识内容都没有超出《重学》所讲述的知识范围①。《重学》中涉及了微积分的应用，但在重心这部分没有专门涉及微积分求解重心的问题②，关于微积分求解重心的问题在华蘅芳和傅兰雅合译的《微积溯源》中开始涉及，丁韪良编写的《格物测算》又丰富发展了重心的求解方法，并专设一章探讨应用微积分求解重心的问题，涉及到微积分求解重心的原理，以及各种平面图形、立体图形等求重心的问题，使得西方重心的知识全部传入中国③。

（4）刚体平衡（刚体静力学）

这部分属于新知识。

卷六"论刚质相定之理"，讨论了刚体的概念、刚体的平衡及刚体稳定问题。

刚体的概念："以刚质之物不论何力加之，形状及大小俱不变，有类杆也。"

刚体的平衡：讨论作用于刚体上多个力的平衡，以及刚体的稳定问题。论述了刚体定于一点之理："凡刚体定于一点，与杆理同，不但加于杆之诸力，更有体全重并收于心也。"论述了刚体定于一面之理："凡刚质体定于一面，无论或遇一点，或遇诸点或遇小面，质体上所加诸力方向必交于所遇之点或面，此力即为或点或面之对力。"讨论了旋转抛物体、半球体、圆锥体等的平衡问题。还探讨了稳定平衡和不稳定平衡问题，举例说明屋梁、拱的

---

① 白欣. 明清重心知识研究[D]. 呼和浩特：内蒙古师范大学，2003：44.

②《重学》的原著第一版涉及了二重积分、三重积分求解各种旋转面、旋转体的重心问题，《重学》翻译的是第五版，该版将这部分内容删掉了。

③ 白欣. 明清重心知识研究[D]. 呼和浩特：内蒙古师范大学，2003：61.

平衡，具有一定难度，并需要一定的数学基础。

(5) 摩擦力(面阻力、磨力)

这部分属于新知识。

表 2-2-2 列出的卷七"论面阻力"、卷十五"论动面阻力"，即分为静力学中的摩擦力和动力学中的摩擦力。这一点与现今关于摩擦力的分类区别较大。不过《重学》对此分类做了说明："静重学不言力生动、加减速，但言令物定，然能令物平动之力等于能消阻动之力……盖由此而知，令物平动之力可用静重学之理并动理第一例推之。"(卷十五)在这里解释了静力学不研究运动现象，但运动物体的摩擦力问题可由静力学和牛顿第一定律解决。

卷七"论面阻力"、卷十五"论动面阻力"分别介绍了摩擦力的概念、大小、方向、产生的原因、摩擦力的测定、摩擦力的种类等，并给出一些接触面的摩擦系数。

摩擦力的概念："凡重物行于质面上有阻滞力，为面所生，命为面阻力，测验知之。""质面有光糙之别，若纯光不必论面阻力。"

两种摩擦力："面阻力有二：其方向一与抵力对面，一在切线上。纯光面只有抵力对面之阻力，糙面则有二阻力(切线上之阻力，又名磨力)。"即阻碍物体运动的力一是与"抵力"对面的力(正压力)，一是"磨力"。此处"抵力"是外加作用力，"对面之阻力"是指正压力，方向在切线上的阻力是"磨力"(摩擦力)；这里的"面阻力"并不完全是现在意义上的"摩擦力"，准确地说，现在意义的摩擦力应是这里所说的"磨力"，"磨力" 在切线方向上。但在该书行文中，多数情况下"面阻力"就是指摩擦力。这由译名不统一引起，关于《重学》中译名问题将在第四章《重学》翻译研究中讨论。

摩擦力的方向：关于正压力产生的阻力的方向，书中写道："设有质体切于纯光面，面生阻力，其方向必直交于面。"关于正压力的大小："质重若同，虽切面改变，面阻力恒同。"这里的"面阻力"指正压力。"设面非纯光，则质体行时，原阻力之外必另生磨力，以面之切线为方向，与体行方向相对"，即"磨力"方向与运动方向相反。

摩擦力的大小：最大静摩擦力的大小表述为："欲知体之面阻力，体在面上恰能令体动之力即为面阻力之率，面体动时必行于此力方向。"摩擦力的大小与正压力、摩擦系数的关系为"面阻力大小一由于本面质性，一由于

重体质性，一由于面之光糙，一由于体之轻重”。指出“面阻力”与物体形状、切面大小无关。给出几种“面阻力定率”(摩擦系数)的值：“面质俱木纹亦平行$\frac{1}{3}$，面质俱木纹横直交$\frac{1}{4}$，面质一木一金$\frac{1}{5}$，面质俱金$\frac{1}{4}$。”给出滑动摩擦力的计算公式“己|$=\frac{\text{一}}{\text{二}}$未”，即摩擦力$=\mu N$①。给出用平衡的方法确定摩擦力的大小：“凡面阻力必等于物动方向对面减速之抵力。欲消除之，当加抵力于本力方向。”“物行时，面阻力与迟速无涉，即有涉亦甚微。”“用等于面阻力之力令物行于地平面上，速必平。”

测定摩擦力的方法：通过增加斜面的倾角测定摩擦力的值，即将动未动时测其角度，可知“面阻力”大小。

摩擦力的特点：“无动势此力不生，动势愈大此力愈生。”

摩擦力的种类：给出“面阻力”的种类，其中“面阻力有三等”：“相磨阻力”、“辊动阻力”、“轮转阻力”，即滑动摩擦力、滚动摩擦力、轮动摩擦力。介绍了3种摩擦力大小的确定方法。

二、《重学》的动力学知识

关于动力学中的落体运动、单摆的等时性及其周期公式等知识在明清时期的《灵台仪象志》中略有涉及，除此之外的动力学知识均是《重学》首次介绍。例如，

卷八“论质体动之理”，讨论了动力学、速度、加速度、匀速运动(“平速动”)、匀变速运动(“渐增速”、“渐减速”)等问题。

(1) 动力学的概念

卷八给出了动力学的概念：“动重学之理，以能力加质体令生动为主”，即主要研究力作用于物体使物体运动的情况。

(2) 速度的概念和牛顿运动定律

速度：“一动必有迟速，今统命为速。”即 $v=\frac{s}{t}$。

匀速运动的概念：“设有体动，用相等若干时过相等若干路，则为平速动。”

---

① 此处《重学》原文理解有偏差，具体情况在第四章中详细论述。

匀速运动的位移："凡平速动任若干时其所过路必等于速乘时。"即$s=vt$。

给出瞬时速度的计算方法："速为渐增速或渐减速，以微分术明之：速$=\frac{\text{彳时}}{\text{彳路}}$。"

给出牛顿运动定律："物动速及方向皆以所加之力为准，此理分为三例。"

"动理第一例：凡动无他力加之，则方向必直，迟速必平。"

"动理第二例：有力加于动物上，动物必生新方向及新速，新方向即力方向，新速与力之大小率比例恒同。"

"动理第三例：凡抵力正加生动，动力与抵力比例恒同，此抵力、对力相等之理也。"

（3）加速度（"渐加力率"）

首先介绍了恒力的概念："若渐加力依动物方向加于动物，令生速，依时平加，名曰平渐加力。"这里"平渐加力"应当指恒定外力。

给出了加速度的概念："平渐加力之率为所知时中或加或减之速。""平渐加力之率"指加速度，即加速度为一定时间内增加或减少的速度。"平渐加力若干秒中所生之速，等于力率乘秒"，即速度的变化量等于加速度乘以时间，并指出"地心力之率"（重力加速度）为每秒"二十七尺六寸"。"力率$=\frac{\text{时}}{\text{速}}$力$=\frac{\text{彳时}}{\text{彳速}}=\frac{\text{彳时}^{二}}{\text{彳}^{二}\text{路}}$"，即$a=\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}=\frac{\mathrm{d}s^2}{\mathrm{d}^2t}$。这里"力"和"力率"、"渐加力"的概念不统一，应当都是指现在的加速度。例如，"凡渐加力与抵力恒成正比例与体质恒成反比例"。其中，"抵力"为外力，"体质"为质量，即是指$a=\frac{F}{m}$。

（4）动量及碰撞问题

卷八、卷九、卷十七介绍了17世纪沃利斯（J. Wallis）、雷恩（C. Wren）和惠更斯建立的碰撞理论。涉及了动量的概念、动量定理、动量守恒定律。特别是卷九集中讨论了碰撞问题，介绍了恢复力（"凸力"）、恢复系数（"凸力定律"）、正碰、斜碰的概念，讨论了完全弹性碰撞、非完全弹性碰撞、完全非弹性碰撞以及各自在正碰和斜碰的情况，并给出了解决碰撞问题的一般求解公式。

动量概念和动量定理："欲知质与动有何相涉，当先明重速积及动力率。质与速相乘为重速积。所历时中正加抵力所生重速积为动力率（加力之方向经过重心谓之正加）。""重速积"为动量，"动力率"指的是冲量（即力与时间的乘积）。这里实际上涉及到了动量定理的内容，即物体动量的增量等于它所受合外力的冲量。这部分内容在卷十七有详细讨论，行文中虽未明确表述动量定理①，但内容已有涉及，并举例说明这一原理的应用，如"以锤击钉令入他物，求所过路大小"。

恢复力（"凸力"）："凸力"是"两小凸面平而复凸，其复凸有力"。"凸力能另生速，其速恰当两球面相抵时生也"。同时给出了冲力的概念："击力，乃一霎时中之抵力。不论何物相击时必变形状，或可见或不可见（有凸力即不可见）。""击力"和"凸力"分别指"冲力"和"弹力"。

正碰与斜碰："凡二体相击所行方向与所击方向合一线为正相击。所行方向与所击方向非一线为斜相击。"

动量守恒（"论平动相击"）：首先指出动量守恒是牛顿第三定律的另一种表达："凡二物相击，无他力加之，击后或随行或分行，其前后动法必准动理第一例以平速行于直线。击后变速已见动理第三例。"

讨论了完全弹性碰撞（"全凸力"）、非完全弹性碰撞（"朒凸力"）和完全非弹性碰撞（"无凸力"），正碰（"正相击"）和斜碰（"斜相击"）的碰撞规律，而且对各种情况给与完整证明过程。给出了几种物质的恢复系数（"凸力定律"），例如，泥沙 $e=\frac{5}{9}$、象牙 $e=\frac{8}{9}$、玻璃球 $e=\frac{15}{16}$、钢球的恢复系数接近1、树皮球略小于1，并指出上述"凸力定率"均测验得知，并给出包括恢复系数的弹性碰撞的一般公式。

对于斜碰情况，给出处理这种情况的规则："设二体斜相击，其相抵二力之方向必直交二球面击点，即交点之速之加减生于方向线上，与他线无涉。"即"斜击"的速度在"击面"的法线上，与其他方向上的速度无关，而且在斜碰的情况中也涉及了完全弹性、完全非弹性和非完全弹性碰撞等情况，这类问题中涉及到了两运动物体求重心与重心速度的问题，速度的合成分解问题，计算过程较复杂。

① 动量定理是笛卡尔于1644年引进。参见：表1-1-1。

特别需要指出的是，这里不仅仅讨论了质点的碰撞，还讨论了不能以质点处理的碰撞问题："设物体非甚小，可以重心为准，路为重心所经之路，体之全质环绕重心周围质重相配俱等面为球面，令二物相遇时仅在一点，此一点所有相加抵力其方向线必直交于二面，此点即交点，此方向线即经过二物重心……设二体相击而力方向线不过重心，则一体必旋转不已。"

在"论体面相击"中，给出体与面相击的处理原则："凡有凸力之体直击于不动之面，击后反行。凸力之理与前同，击前击后二动以前速后速为定率，此定率与物之大小及本速无涉，故斜击于面亦可推。"在体面相击中也同样涉及正碰、斜碰以及恢复系数不同的各种情况，而且还涉及了多次碰撞的情况："假如有球，亦已知凸力率，斜击于面，回行时依次递击多面，亦已知多面之方向末行至午点，欲求其初行线。"

这部分内容涉及了碰撞的几乎所有问题，系统、全面。其中部分问题《格物测算》虽有所涉及，但从内容的深度和广度以及系统性而言，均是其他书所不及的。其中非完全弹性碰撞、斜碰等内容，非质点碰撞如体面相击等问题，已经超出了中等水平的力学范围，是大学普通物理学的内容。

不过在讨论弹性碰撞动能守恒的问题中有"设有全凸力之二体，正相击，二质积各乘速方之数，击前与击后必等"。其中的动能表达式是 mv^2 而不是 $\frac{1}{2}mv^2$①。

(6) 匀加速运动、落体和抛体运动

卷十、卷十一讨论了自由落体和抛体运动，介绍了匀加速运动的概念、位移和自由落体运动的概念、位移，讨论了抛体运动及射程、射高等问题，并给出抛体运动任意时刻的速度、位移的求解方法。

匀加速运动("平加速"、"渐加速")的概念："凡动体行于直线平加能力，则渐加速，其加速之比同于初动后所历时刻之比。速与时虽变大变小，而比例不变，恒以时率中所生速为力率，故有等数。"即恒力("平加能力")产生恒定速度变化率的运动为"渐加速"或"平加速"。此外还分别讲述了

---

① 最初莱布尼兹取 mv^2 为活力，而不是 $\frac{1}{2}mv^2$。至 19 世纪 20 年代，当科里奥利引进功的概念后，才成为 $\frac{1}{2}mv^2$。

匀加速和匀减速。

匀加速运动的位移："动体行于直线平加能力所过之路与所历之时自乘方恒有比例"，即初速度为零时，位移与时间的平方成正比。这里在叙述上虽无初始条件，但在随后的举例中，有此说明。

自由落体的运动："近地诸物，为地心所摄引而下坠，为平加力。渐近地心则渐加速，此由测验而知。故空中若无风气等阻力，则物下坠时，无论体之大小、质之轻重，地心摄引力必以渐而加(时分为率，地力为定力)。"即在无阻力时，由于重力为"定力"(恒力)，落体是"渐加速"(匀加速)的。落体规律"由伽离略发之，今则人人皆知……知摄力之渐加率为定数"。也给出了自由落体运动的位移、速度公式。

抛体运动："凡物抛于空中，除垂线外任何方向为地心力所加，必令物行于曲线。"讨论了抛体在地平面上和斜面上的"抛物界"(射程)、"抛高"(射高)。分析了"用某速抛物，当用何方向令抛物界最大"，即最大射程等问题。

这部分知识在晚清传播得也比较充分，尤其是抛体运动问题，因受到中算家的重视而得到很好的传播。该问题的具体情况见第五章。但晚清传播的基本上是抛体运动的一些特殊值，如射程、射高、抛射时间等的求解方法，属于中等水平的力学知识。但是，《重学》中该部分在计算和求解问题的复杂性方面超出了中等水平的力学范围，涉及到求任意时间内，物体水平位移和竖直位移；给出抛物运动一般情况的求解公式，由此可以求得任意时间的射程和射高，而最大射程和射高只是上述情况的特例。这部分知识的系统性也是晚清其他力学书籍所不及的。

(7) 曲线运动

卷十二"论物行于曲线之理"，讨论了曲线运动的一般原理，重点讨论了单摆的等时性、周期等问题。

给出了曲线运动的速度的求解方法："凡物强之使行于曲线，则本力分为二力：一为逐点之对力，一为曲线上之力。逐点之对力直交于曲线，亦直交于物行方向线，故物速大小与此力无涉。欲求物速必用曲线上之分力及分力所生之速，乃可推物速之大小。"即曲线运动的速度决定于切线方向的外力，与法线方向的外力无关。

讨论了摆线的速度、周期，并给出单摆周期公式及其应用。例如，给出

求摆球运动的速度的方法："物用地力行于曲线，任至某点，所得之速与空中下坠至某点地平线时所得之速同（不论何曲线理同）。"不过该方法没有用现在的机械能守恒定律，而是用最基本的方法：力的分解和匀变速运动规律求解的，比较繁琐。

该部分虽然是关于曲线运动的问题，但是在内容中只涉及了单摆的运动，即重力作用下的曲线运动。对于其他曲线运动，如（匀速）圆周运动没有涉及。（匀速）圆周运动的内容在1866年刊行的《格物入门》开始涉及，译作"圈动"。

（8）刚体转动

卷十三"论动体绕定轴之理"和卷十四"论器动"，讨论了刚体动力学最基本的内容，即刚体绕定轴转动。这部分主要介绍了主动力、约束力、转动惯量等概念，讨论了刚体动力学原理、达朗贝尔原理等。

主动力、约束力：对于质点系，"动力与抵力恒有比例，故力分为二，有动力，有抵力"。"实力"[effective (moving) force]："各点上所加生之动力名为实力，别抵力[impressed (moving) force]加于体上，此加力在加点生动不能尽用，因连与各处，处处感动故也。"这里的"实力"，即"主动力"；"抵力"，即"约束力"。"感动"，即作用在物体一部分上的力把它的作用效果传递给另一部分。

转动惯量："质点当静时有不肯动之性，当动时有不肯静之性，此力名质阻力，质阻力大小之比同于质大小之比。以质体绕轴言之。各点质阻力以离轴远近而异，与力加于直杆理同，但杆之实生动力等于力乘距定点线。而质体旋动之质阻力以质体乘距轴线方为率。此数名质阻率。各点质阻率并之为合体质阻率。"此处，"质阻力"为惯性，"质阻率"即现在的转动惯量(moment of inertia)，并给出了转动惯量的定量表达式。"质阻率"："子|⼆禾寅|＝禾（寅|×丙寅|⼆）。"对应的原著的公式是 $k^2 \sum m = \sum (m \cdot Cm^2)$，相当于现在的 $I = \sum mr^2$ 。

平行轴定理："合体质阻率准丙轴言之，设别有一轴平行于丙轴，经过重心亦有质阻率，又合体收于重心亦别有质阻率（亦以丙轴言之），并后二质阻率与原质阻率相等。""力乘距幂为实，质阻率为法，实如法而一，即（力作用点之）实生力也。"即刚体对任意轴的转动惯量等于它对过质心的

平行轴转动惯量加上刚体的质量与两轴间垂直距离平方的乘积。这部分内容用到微积分，并给出刚体动力学方程。

达朗贝尔原理："合质体动时，以静重学之理言之，抵力动力必等……凡诸力生动于合质体在各处所减动力必相抵定。"即在质点受力运动的任何时刻，作用于质点的主动力、约束力和惯性力互相平衡，即 $F+N-ma=0$。利用达朗贝尔原理，可将质点系动力学问题转化为静力学问题来解决，并且对该定理进行证明与应用。不过，《重学》中没有提到达朗贝尔和达朗贝尔原理。

这部分内容相当于理论力学中的分析力学，如图 1-2-4 所示。这部分知识整个晚清编译的著作都鲜有涉及。

(8) 功的概念

卷十六"论诸器利用"，介绍了功的概念和机械做功的情况。

功："器之程功，以所加之力乘所过路为率。""所程之功与作工迟速无涉。"指出，机械省力不省功。"作工，或用器，或不用器，所程之功等"。讨论了水力、风力、弹力、蒸汽力的功和不同引擎的机械效率。

这部分知识在晚清的其他力学书籍中，如《物理学》、《近世物理学教科书》、《力学课编》等，介绍得比《重学》更全面、规范。

三、《重学》的内容特色

将《重学》中涉及的问题与明清之际和晚清传入的其他力学书籍中的相关内容进行分析对比，可以发现《重学》在晚清力学传播中具有如下特征：

首先，与明末清初传入的力学知识相比，除了重心、部分简单机械、单摆和少数流体力学的知识之外，《重学》中所涉及的其他知识都是第一次传入中国，即使是《重学》中所涉及的与明末清初传入的同类知识，其知识的系统性、难度和设计问题的广度远远超出了明末清初传入的力学知识。

其次，与晚清其他相关力学著作传入的知识相比，《重学》所介绍的知识的难度、复杂程度都是其他力学书所不及的。《物理学》的力学部分和《近世物理学教科书》、《力学课编》等涉及的问题基本上是中等水平的力学知识，《格物测算》虽然有些内容超出了中等水平的力学知识，但是其理论性、系统性不及《重学》，而且知识覆盖面上也没有超出《重学》的范围，如摩

擦力、刚体的转动、功等内容就没有涉及,即使是《格物测算》中涉及到的内容,如抛物运动、碰撞等问题,其系统性、理论性以及各部分知识之间的逻辑关系也无法与《重学》相比。

再次,除上述知识的覆盖面、难度之外,《重学》中问题的复杂程度、计算的复杂程度也都是其他书无可比拟的,如不在一个平面内的力的合成与分解,包括恢复系数的弹性碰撞的一般问题的求解、"体面相击"的碰撞问题的求解,抛物运动的任意时刻的射程、射高的求解等等。

最后,也是最值得一提的是,《重学》体现了公理化特征。《重学》中每一问题都给出了相应的数学证明,而且大多问题先给出特殊问题的求解,然后概括出一般问题的求解方法,中间有严格的逻辑证明过程,体现了该书的公理化程度,也正是这一点使得该书难度大大加强。

因此,《重学》不仅是鸦片战争之后传入的第一部力学著作,而且传入内容的理论性、系统性、公理化程度较强,知识的难度、复杂程度较大。它包含了初等水平、中等水平的所有力学知识,涉及了大学普通物理中的大部分知识,而且包含了部分高等水平(理论力学)中的知识。

与当时西方力学发展的情况相比,除系统的流体动力学[1]和系统的分析力学[2]等内容之外,《重学》中包含了绝大部分 19 世纪 30 年代以前的力学成就。系统的流体动力学和系统的分析力学在中国的引进,直到 1915 年民国政府颁布《高等教育令》、《民国教育令》,重新确定各级学校的教育年限与课程等制度以后,在大学物理学课程中才开始涉及。

诸可宝评价《重学》道:"盖自此书出,而明际旧译之《泰西水法》、《奇器图说》等编,举无足道矣。艾氏之功,诚伟已哉!"[3]

---

① 19 世纪以前这些内容已经发展成熟。伯努利、欧拉和拉格朗日在 18 世纪的工作,休厄尔在另一部著作《力学的欧几里得》中涉及了流体力学内容,但该著作没有传入。

② 《重学》原著第一版有系统的分析力学内容,在后来的修订中将这部分内容删掉了。但在第五版中增加了刚体转动的内容,该部分内容仍然涉及到了分析力学的部分内容。

③ 诸可宝. 畴人传三编[M]. 刻本. 江阴:南菁书院,1886:5—6.

第三章 *Mechanics* 及《重学》底本

Mechanics 共有 7 个版本(1819—1847),每一版本都有修订,且不同版本内容变化很大,《重学》译自哪一版本一直是学界悬而未决的问题。为此,首先介绍休厄尔及其撰著的力学教科书产生的背景和整体情况,然后在对比研究的基础上确定《重学》底本。

第一节 休厄尔生平及其学术贡献

《重学》的底本 *An Elementary Treatise on Mechanics* 的作者是休厄尔。关于休厄尔,国外的研究可谓丰富而详实,大致包括道德哲学、科学哲学和教育学 3 个方面。其中对其哲学思想研究最为丰富,分为 2 个阶段。一是,20 世纪六七十年代开始,以巴茨(R. E. Butts)为代表的早期研究。在这一阶段,主要是对休厄尔的归纳逻辑的研究,这一时期的研究使休厄尔的哲学思想得到理解和重视。二是,20 世纪 90 年代左右,以菲什(Menachem Fisch)和福斯特(Malcolm R. Forster)等为代表,对休厄尔的思想的进一步深入研究,基本完成了对休厄尔作为一个科学哲学家的系统论述。福斯特主要对休厄尔的归纳逻辑的思想进行研究,并把休厄尔的归纳逻辑和密尔的归纳逻辑进行分析和对比,澄清了前人对二人的误解。在这一阶段,对休厄尔的认识也更加全面、客观,并发现休厄尔的许多哲学思想对后来的科学哲学带来的启迪[1]。同时,理查德·杨(Richard Yeo)、菲什

① 丁艳平.休厄尔科学哲学思想探究[D].广州:华南师范大学,2005:3.

等人对他在教育方面，尤其是力学教科书的撰著方面也给予了研究与评价。国内对休厄尔专门的研究主要集中在他的哲学思想以及在英国哲学发展中的作用①、科学哲学思想及科学史思想的介绍②方面。这里主要介绍他在力学教科书撰著方面的贡献。

一、休厄尔生平简介

休厄尔(图 3-1-1)是科学家、科学哲学家、科学史家。他的辉煌在英国和其他国家的科学界，包括皇家学会、皇家天文学会、爱尔兰皇家学会、爱丁堡皇家学会，至少持续了 25 年③。

休厄尔 1794 年 2 月 24 日出生于曼彻斯特的一个木工家庭。开始在当地的文法学校学习，毕业后到威斯特摩兰④的语法学校读书。休厄尔在这个学校学习了 2 年，并在数学上得到了很好的训练，获得了难得的进入三一学院继续读书的机会。



图 3-1-1 休厄尔肖像⑤

1811 年，休厄尔正式被剑桥大学录取，1812 年 10 月开始在剑桥学习，1816 年 1 月成为剑桥第二届数学荣誉学位考试的"甲等"毕业生。1817 年被选为剑桥大学三一学院研究员，1820 年被选为英国皇家学会会员。1825 年被任命为牧师。1828 年成为矿物学教授(1832 年辞职)。1838 年成为道德哲学首席教授，1841 年当选为三一学院院长。1841 年休厄尔被任命为三一学院院长之初，年轻的维多利亚女皇从伦敦到剑桥做了一次短途旅行，他陪女皇参观了三一学院，成为当时谈论的焦点之一。1842—1855 年，他两次担任剑桥大学副校长，在担任大学副校长期间，他在教学改革方面做出了突出贡献。1866 年 3 月 6

① 罗伯中. 论休厄尔先验论科学哲学及其哲学史地位[J]. 池州学院学报，2008(6)：5—9.

② 参见：丁艳平. 休厄尔科学哲学思想探究[D]. 广州：华南师范大学，2005；丁艳平. 休厄尔归纳思想再探[J]. 自然辩证法研究，2004(2)：21—24.

③ GILLISPLE, COULSTON C. Dictionary of science of scientific biography(vol. 14)[M]. NewYork: Scribner, 1970—1980:293.

④ Westomoreland，化学家约翰·道尔顿也出生在那里。

⑤ 图片来源：ROBSON R, CANNON W F. William Whewell, F. R. S. (1794—1866) [J]. Notes and Records of the Royal Society of London, 1964(12):168—191.

日休厄尔因骑马意外摔伤而去世。

二、休厄尔的主要学术成就

1. 科学哲学研究

休厄尔的科学兴趣非常广泛，著述颇丰。他写诗、翻译德国文学作品，在力学、矿物学、经济学、天文学、建筑学等方面均有著述①。最富盛名的是他撰写的《归纳科学的历史》(*History of the Inductive Science*，1837)②和《归纳科学的哲学》(*The Philosophy of the Inductive Science*，1840)。《归纳科学的哲学》对科学哲学的发展起了开拓性的作用，奠定了科学发现的理论基础。《归纳科学的历史》成为专门科学史向综合科学史转变的一个转折点。但是，由于他的思想具有浓厚的德国先验论哲学倾向，这种倾向不容于英国的经验主义哲学传统和文化传统，所以他的哲学遭到密尔(J. S. Mill，1806—1873，也译作穆勒)的批判。密尔改造了传统的经验主义哲学，创立了英国形态的实证主义哲学。20 世纪二三十年代实证主义哲学迅速强大起来的同时，休厄尔的先验哲学影响很快就衰落了。到 20 世纪六七十年代，随着对休厄尔思想的研究的深入，其理论又重新受到哲学家、科学哲学家的重视。通过研究发现，休厄尔的哲学与现代科学哲学之间的联系，以及对现代科学哲学研究的启示与导向作用："他的大量的，特别是在认识论方面的著作，为哲学家们的研究提供了丰厚的基础。"③当代的科学哲学家尤其是库恩等人纷纷将休厄尔视做他们思想的先驱者，给他冠以"科学哲学之父"的荣誉。

2. 科学研究

休厄尔的哲学在被研究并受到重视的同时，他在科学上的贡献也得到了中肯的评价。在以往对休厄尔的评价中有一种观点认为，他没有在科学上取得显著的成就，因而他只是一个"智慧宇宙的制造者"，即他只是一个发现科学方法的人，而不是一位伟大的、成就卓著的科学家。尽管休厄尔本人也坦然承认这一点，但是，人们通过对休厄尔的研究后发现，他在物理

---

① BUTTS R E. William Wherrell's threory of scientific method [M]. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 1968:3.

②《归纳科学的历史》先后在 1847、1867、2001 年再版。作者注。

③ FISCH M, SCHAFFER S. William Whewell: A composite portrait[G]. Oxford: Clarendon Press, 1991: i.

学、矿物学、地理学等方面的洞察力仍然是远远走在他的时代前面①。

休厄尔 1833 年出版了《与自然神学相关的天文学和普通物理学》(*Astronomy and General Physics Considered with Reference to Natural Theology*)，在这部著作中，休厄尔展现了他所做的科学发现，正是这部著作使人们相信他不仅是一个"智慧宇宙的制造者"，而且在科学上也不乏贡献②。

他研究了潮汐现象，论述了什么是潮汐，潮汐形成的原因。他对潮汐在白昼不平衡的现象给出了理论上的解释，并取得成功，为此他于 1837 年获得了皇家学会的奖章。另外，在矿物学方面，他主张从物理学和化学相结合的角度对矿物进行自然分类，这种分类方法一直延续到现在。他还研究了晶体角度测量，计算了晶体平面的角度，说明了晶体能够聚集成菱形，可以收缩到可能的尺度以下，这表明晶体是格子状的③，这一研究为数学结晶学奠定了基础。1826 年，他编写了有关结晶化合物分类的《大事记》，他对矿物学分类的论述，使矿物学的研究迈进了一个新的里程碑④。1826 年和 1828 年，休厄尔与艾里(Airy)在康沃尔(英格兰郡名)的一个铜矿中测量了地球的密度。他还发明了自动记录风速仪，可以自动制出空气活动图。休厄尔的风速仪由鲁滨逊(T. R Robinson)在 1846 年通过改进，成为我们现在熟悉的半球形的风车。

3. 在科学术语上的贡献

没有科学术语就不可能有可靠的或者不断发展的知识。日常语言的不确定性与质朴的意思不可能像科学研究所要求的那样可以严格确切地表达事物，并把它们逐级地概括上升。只有牢靠的科学术语才能做到这一点。休厄尔不仅很早就注意到科学技术语言与日常语言的重要区别，而且对科学语言存在的必要性以及它对科学发展的重要意义，都有清醒的认识。他提炼出一些我们现在还沿用的科学术语，如"离子"(ion)、"阳极，或正极"(anode)、"阴极"(cathode)；地理学方面，如"始新世的"(Eocene)、"中新世或中新世的"(Miocene)、"上新世或上新世的"(Pliocene)，"科学

---

① ②FISCH M, SCHAFFER S. William Whewell: A composite portrait[G]. Oxford: Clarendon Press, 1991:115.

③GILLISPLE, COULSTON C. Dictionary of science of scientific biography(vol. 14)[M]. NewYork: Scribner, 1970—1980:293.

④ 丁艳平. 休厄尔科学哲学思想探究[D]. 广州:华南师范大学,2005:7.

家"(scientist)等。

4. 教育改革方面的贡献

休厄尔参加了英国的教育改革,并为此撰著了一系列的教科书,这项工作使得休厄尔获得了荣誉,确立了他在公众中作为一位科学专家的形象①。他的最早的2部著作是为实践剑桥大学数学教学改革而撰著的力学教科书《初等力学教程》(*An Elementary Treatise on Mechanics*,1819年出版,该书先后有7个版本,《重学》翻译了该书的1836年第五版)和《论动力学》(*Treatise on Dynamics*,1823年出版,共3版),这2部著作以它们的简洁、清晰和先进的数学而著名②。还有《力学的欧几里得几何》(*Mechanics Euclid*:*Containing the Elements of Mechanics and Hydrostatics*,共3版)。

另外,休厄尔在剑桥大学的改革中还将自然科学引入到荣誉学位考试中。

休厄尔对科学研究的预测让人佩服,而且在很多方面先知于他的时代。他被称为"全能的科学家"(Omniscienst)③。休厄尔的科学研究也是他哲学方法论的典型体现。现代西方著名科学哲学家L.劳丹(L. Laudan)曾经说:"很少有人否认,威廉·休厄尔是十九世纪科学哲学的主要人物之一。"④W. C.丹皮尔也曾这样评价休厄尔:"自从休厄尔写出关于归纳科学的历史和哲学的著作以来,迄今差不多100多年了。他的谨慎周详的判断至今仍有用处和价值。"⑤休厄尔在科学领域也产生了广泛的影响,像赖尔(C. Lyell,1797—1875)、达尔文(C. Darwin,1809—1882)、赫谢尔(J. Herschel,1792—1871)、法拉第(M. Faraday,1791—1867)、麦克斯韦(J. C. Maxwell,1831—1879)等都或多或少地受到休厄尔的影响。

---

① FISCH M, SCHAFFER S. William Whewell: A composite portrait[G]. Oxford: Clarendon Press, 1991:96.

② WHEWELL W. Selected writings on the history of science[M]. Chicago: The University of Chicago Press, 1984: xii.

③ RUSE M. William Whewell: Omniscienst[G]//FISCH M, SCHAFFER S. William Whewell: A composite portrait. Oxford: Clarendon Press, 1991:87—116.

④ LAUDAN L. Science and hypothesis: historical essays on scientific methodology [M]. Hingham: MA Canada by Kluwer, 1981:163.

⑤ 丹皮尔 W C. 科学史及其与哲学和宗教的关系[M].广西:广西师范大学出版社,2001:2.

第二节 Mechanics 概述

一、Mechanics 的成书背景

1. 剑桥大学的数学改革

英国是欧洲中世纪大学的发源地之一，牛津大学、剑桥大学是英国最早的学术活动中心。成立于 1209 年的剑桥大学，至 18 世纪末期仍然是一所古典教育居于统治地位的学府。古典教育主要以古典人文学科为基础，另外就是数学，随着牛顿数学在剑桥大学地位的上升，数学在剑桥大学占有非常重要的地位。数学荣誉学位考试逐渐成为评定学生毕业成绩、决定学生能否获得荣誉学士学位的尺度。然而在当时，自然科学没有地位。

19 世纪初，英国经济的重心实现了由传统农业向现代工业的转变，机器在生产中得到广泛应用，物质财富迅速增加。自然科学知识也因其在增进人类幸福方面显示的巨大作用，致使衡量教育价值的标准发生了巨大变化。经济的迅速发展、科学的巨大进步和功利主义思想的冲击，引发了科学教育与古典教育的激烈争论。一大批学者提出了"所有知识的价值要以其实用性来衡量"的观点。社会各界的批评和大学内部科学教育意识的觉醒，促使剑桥大学开始了对古典教育传统的改革。

自 18 世纪初以来，数学荣誉学位考试在评定学生毕业成绩中占主导地位。19 世纪初，剑桥大学教学改革的一个重要方面就是，在数学荣誉学位考试中增加了光学、流体静力学、观测天文学、引力学等物理学科的内容。到 19 世纪 30 年代，休厄尔又将热学、电学和磁学引入数学荣誉学位考试。1848 年，剑桥大学设立了自然科学和道德哲学两种荣誉学位。此后，更多的自然科学冲破数学与古典学科的重重阻拦，进入大学的教学体系，成为正式的教学和考试内容。

在剑桥大学的教学改革中，更具体的一条路径是数学改革以及数学与物理学关系的改革。如果说 18 世纪经典力学是随着微积分的发展而发展的，那么 19 世纪早期的经典力学则是由于数学的发展而丰富起来的，同时也使得微积分的主要应用领域——力学扩展到其他领域，包括数理天文

学、行星力学、工程力学、结构力学和分子力学等；也使热理论、物理光学、电学、磁学以及电磁学部分地数学化。这一时期，数学严格化虽然已经开始，纯数学已初露端倪。但是，就整体而言，数学仍然是和其他领域合为一体的。就法国而言，数学物理学主要是数学，而不是物理学。数学在这一时期的科学中，仍然占据着统治地位，所以，力学当然成为数学物理学（混合数学，mix mathematics）①之一。

英国经历了与法国相类似的过程，而且对英国而言情况可能更为复杂。

17 世纪末以来的牛顿、莱布尼兹的微积分优先权之争，导致牛顿的自然哲学在德国被抵制，英国的数学家在欧洲被孤立。由于狭隘的民族偏见等原因，英国学者迟迟不肯接受欧洲大陆的成就，百余年间一直使用牛顿的几何数学工具。而欧洲大陆的学者接受了莱布尼兹优越的数学符号，在伯努利家族、欧拉、达朗贝尔、拉格朗日、拉普拉斯（P. S. Laplace，1749—1827）等的努力下，很快获得丰硕成果，引导了近代数学的发展。整个 18 世纪，英国与欧洲大陆的数学家停止了思想交流。由于英国数学家固守牛顿传统，结果使得英国数学与欧洲大陆相比日趋衰落，这种状况在 19 世纪初达到了最低点，以致英国数学家在“阅读欧拉或达朗贝尔的作品时却很可能会在头几页就感到读不下去”②。

18 世纪末，普莱费尔（J. Playfair，1748—1819）、武德豪斯（R. Whouse，1773—1827）等一批英国学者开始关注欧洲大陆科学，尤其是法国数学中的先进知识。19 世纪初，剑桥大学的约翰·赫谢尔、皮考克（G. Peacock，1791—1858）、巴贝奇（C. Babbage，1791—1871）等青年数学家意识到了造成英国数学落后以及停滞不前的主要原因就是英国数学家重综合而轻分析，于是发动了剑桥大学的数学改革运动。改革的宗旨是“放弃缪斯女神”（Give up the Muse）③，即由欧洲大陆 18 世纪的莱布尼兹发明的分析数学方法代替牛顿《自然哲学的数学原理》中的几何数学方法，由此创立了“分析学会”（The Analytical Society）。1813 年，分析学会出版了《分析学会论

---

① 由于牛顿的《原理》、《光学》的发表，剑桥大学数学荣誉学位考试由开始的纯数学融进了理论科学，特别是天文学、力学和光学，由此产生了混合数学。

② 李文林. 数学的进化[M]. 北京：科学出版社，2005：117—118.

③ FISCH M，SCHAFFER S. William Whewell：A composite portrait[G]. Oxford：Clarendon Press，1991：39.

文集》，强调数学符号的重要性。皮考克等人的改革以引进莱布尼兹的微分记号来代替牛顿的以力学为背景的流数记号为起点，经过两代人的努力，使得英国数学重新回到数学发展的主流。

2. 休厄尔的数学改革策略

英国在接受了法国数学的同时也接受了法国的数学物理学，即混合数学。

在法国的数学家、物理学家中，拉格朗日可谓贡献突出。拉格朗日在数学上最突出的贡献是他使数学分析与几何、力学脱离开来成为独立的学科，为 19 世纪的数学研究开辟了道路。同时，他的关于月球运动（三体问题）、行星运动、轨道计算、两个不动中心问题、流体力学等方面的成果，以及在使天文学力学化、力学分析化上起到了历史性的作用，促进了力学和天体力学的进一步发展。

但是拉格朗日认为，将物理学数学化不需要说明。例如，拉格朗日用导数建立了加速度的概念，即 $a=\frac{d^2x}{dt^2}$，认为这样的表达无需对加速度做任何说明，因为导数分析概念是被经验证明了的，无需反驳。拉格朗日认为，分析科学就是以一种有效的、简单的、统一的、容易熟悉的、形式化的结构方式表达经验发现，所以不需要特别对物理实在的解释、描述。同时还认为，在分析体系中分析推理不代表实际的物理因果关系，不是与实在一一对应。对于拉格朗日来说，物理学的数学化是用来拯救现象的，不需要解释。根据拉格朗日的说法，科学的进步一方面是解释我们的经验发现，同时要不断设法发明新的阐释说明体系，通过这一体系去更有效地构造经验发现。这样的体系应当具有完整、严密和逻辑统一性。

培根的现实主义观点则完全不同。培根主义者坚持认为，物理知识超越纯经验数据。他们认为，归纳的方法使他们能够超越原始的经验数据，并相信如果操作适当的话，科学可以攀登"公理的阶梯"，并获得对现象的原因真实的洞察。更重要的是，归纳方法可以解决被高等数学所忽略的问题①。

培根的观点和拉格朗日将数学应用于自然知识的方案不相容，如何把二者结合起来，就成为分析学派改革的最大困难，也因此引起了数学物理

① FISCH M. A philosopher's coming of a study in erotetic intellectual history[G]//FISCH M, SCHAFFER S. William Whewell: A composite portrait. Oxford: Clarendon Press, 1991: 31—66.

学的哲学争论。分析学派的学者们极力消除这种争论，而休厄尔选择了寻找解决这种争论的方法。

1812年秋天，休厄尔进入剑桥大学，正值分析学派的数学改革时期。休厄尔也投入到了分析学派发起的一系列关于引进欧洲代数学和微积分的新概念的讨论中。

休厄尔赞成分析学派引入法国数学的主张，但他反对他们全盘吸收的策略。他认为，剑桥大学的数学改革不能建立分析数学。正如1817年与约翰·赫谢尔的通信中所表达的："我认为，目前的改革没有真正地引入拉格朗日算法。因为这种引进方法从应用中将分析方法剥离出去，使这种方法的引进遇到了不应当遇到的困难。现在应当阻止这种活动，代之以将数学分析方法应用于物理学问题，这样的分析方法的引入才是可以理解的。"①休厄尔强烈地认识到纯数学改革必须从混合数学开始。对于后期休厄尔关注的文学荣誉学位考试而言，更加强调"应当注重应用数学而不是纯数学问题，进而保证数学成为最受尊重的自然科学"②。

1817年，休厄尔开始设计一系列的力学教科书，尝试在教科书中将数学分析与力学基本理论和基本概念的阐释相结合，以此作为大学物理学课程的核心部分。在这些教科书中，休厄尔找到了培根—拉格朗日的结合点，这种结合点即是，知识体系被翻译成分析体系，分析体系的演绎结果可以被应用于检验经验，获得新的预言，这样既能保证归纳知识的严密性，又能使归纳知识通过预言扩大。这样一种体系被称为培根—拉格朗日体系，它承认科学知识与形式的一一对应。这一观点与拉格朗日观点的不同之处在于：这种观点认为，形式和经验之间是一一对应的，分析的每一步都是根据经验做出的。几年之后，休厄尔的《归纳科学的历史》比较了拉格朗日和高斯(C. F. Gauss，1777—1855)物理的不同。休厄尔认为，许多伟大的数学家，都相信他们的符号计算，但不能在他们的研究中对成功的每一步给出说明。休厄尔确信他走出的每一步都不会偏离他的目标。

培根—拉格朗日与拉格朗日的方式不同。后者把分析科学的形式主要用来拯救现象，在这一过程中形式体系逐渐修正用以构造一个无序的事

---

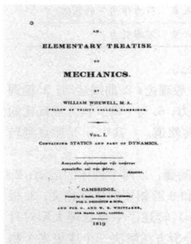
① TODHUNTER I. William Whewell, D. D. Master of Trinity College Cambridge: an account of his writings with selection from his literary and scientific correspondences(2 vols) [M]. London: Macmillan and Co., 1976: 16.

② 哈曼，米顿. 剑桥科学伟人[M]. 李佐文等，译. 保定：河北大学出版社，2005：39.

实体系。而前者对经验与形式而言，一方面是经验的归纳研究，另一方面是形式体系的构造，最终完成了归纳的整个体系。皮考克和巴贝奇认可拉格朗日方式，这使得他们不关心将这种分析方法应用于自然。休厄尔则不同，他将经验的归纳和形式的表达结合了起来，成为这种理论的实践者。这方面充分体现在了休厄尔撰著的力学教科书中。

二、休厄尔的力学教科书

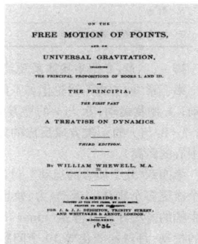
休厄尔的第一部著作是教科书《初等力学教程》(*An Elementary Treatise on Mechanics*，1819 年首版，图 3-2-1，以下简称 *Mechanics*)。*Mechanics* 涉及了静力学中的质点的平衡、刚体的平衡和重心等问题，以及动力学中的牛顿运动定律、碰撞问题、抛体问题、刚体转动和功等基本问题，引入了分析方法(下一节将详细介绍)。第二部著作是《论动力学》(*A Treatise on Dynamics*，1823 年首版，共 3 版，1836 年第三版，图 3-2-2)。这 2 部教科书是休厄尔参与剑桥大学数学改革的实践尝试，以采用了简洁、清晰和先进的数学方法而著名①。


AN
ELEMENTARY TREATISE
ON
MECHANICS.
BY
WILLIAM WHEWELL, M.A.
FELLOW OF TRINITY COLLEGE, CAMBRIDGE.

VOL. I.
CONTAINING STATICS AND PART OF DYNAMICS.

CAMBRIDGE.
AND FOR G. AND W. B. WHITTAKER,
AVE MARIA LANE, LONDON.
1819

图 3-2-1 *Mechanics* (1819)


ON THE
FREE MOTION OF POINTS,
AND ON
UNIVERSAL GRAVITATION,
INCLUDING
THE PRINCIPAL PROPOSITIONS OF BOOKS I. AND III.
OF
THE PRINCIPIA;
THE FIRST PART
OF
A TREATISE ON DYNAMICS.

THIRD EDITION.

BY WILLIAM WHEWELL, M.A.

CAMBRIDGE:
FOR J. & J. J. DEIGHTON, TRINITY STREET;
AND WHITTAKER & ARNOT, LONDON.
M.DCCC.XXXVI.
1836

图 3-2-2 *A Treatise on Dynamics* (1836)

A Treatise on Dynamics 完整的书名是 *On the Free Motion of*

---

① WHEWELL W. Selected writings on the history of science[M]. Chicago: The University of Chicago Press, 1984: xii.

Points, and on Universal Gravitation: Including the Principal Propositions of Books I. and III. of the Principia: the First Part of a New Edition of A Treatise on Dynamics(关于自由质点运动和万有引力:包括《原理》的第一部分和第三部分,第一部分论动力学)分别于1832年和1836年出版了第二版和第三版。该书涉及到动力学基本定律,讨论了天体运动,其内容如表3-2-1所示。特别突出的是,比较了牛顿的几何方法以及流数方法与欧洲大陆的分析方法处理动力学问题的不同之处和分析方法的优越性。

表3-2-1 *A Treatise on Dynamics* **目录**①

前言	各章内容
1. 定义和运动三定律	第一章　一个质点的直线运动
2. 根据分析方法的条件动力学的分类	第二章　一个质点的曲线运动
3. 现在的分类	第三章　向心力
4. 对世界体系的应用	第四章　几个质点的运动
5. 引力	第五章　引力作用下的物体
6. 万有引力定律的归纳	第六章　万有引力

第一、二章,介绍牛顿体系及其相关的公式。

第三章"向心力",讨论了如下问题:1. 一般理论;2. 曲线运动;3. 椭圆运动;4. 抛物运动;5. 与r的立方成反比的力;6. 与r的5次方成反比的力;7—8. 与r的n次方成反比的力;9. 旋转轨道。(其中,r是质点到转动中心的距离)

第四章"几个质点的运动",讨论了如下问题:1. 两个物体的运动;2. 三个或更多个物体的运动(力、轨道、周期)和9篇相关的研究论文;3. 根据牛顿的方法计算月行差(lunar inequalities),转述了牛顿处理太阳对月球的扰动、月球的变化等10个问题;4. 用分析方法解决三个或更多个物体运动的问题(讨论了行星运动理论,月球运动理论)。

第五章"引力作用下的物体",讨论了如下问题:1. 几何方法处理引力

① WHEWELL W. On the free motion of points, and on universal gravitation: including the principal propositions of books I. and III. of the principia: the first part of a new edition of a treatise on dynamics[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1836.

问题,转述了牛顿《自然哲学的数学原理》中当力与距离平方成反比时的引力、球心的引力、任何物体的引力等 10 个问题; 2. 分析方法处理引力问题; 3. 关于地球的数据(赤道比两极间的距离大,极点和赤道的引力等); 4. 潮汐(《原理》中与本书相关的内容)。

休厄尔的第三部著作是《力学的欧几里得几何》。这是为荣誉学位考试而撰著的,包括以下内容:导论(初等代数学);第一部分静力学;第二部分流体力学;第三部分运动定律和评论(数学的论证基础,归纳逻辑)。静力学和动力学部分内容基本上来源于他的第一部著作 *Mechanics*,流体力学内容如表 3-2-2 所示,其体系、内容叙述方式与 *Mechanics* 一致,但不同于《重学》1866 年再版时增加的流体力学部分,内容也不一样。

以上这 3 部教材包括了牛顿力学的全部内容。

表 3-2-2 《力学的欧几里得》流体力学部分内容

1. 定义和基本概念	2. 公理	3. 流体压力
4. 重力	5. 液体比重计	6. 空气的重量和气压计
7. 虹吸管	8. 常见抽水机	9. 施加压力的抽水机
10. 空气泵	11. 冷凝器	12. 温度计

三、*Mechanics* 的版本

休厄尔的第一部著作 *An Elementary Treatise on Mechanics* 是当时剑桥大学的物理学教科书。第一版完整的书名是 *An Elementary Treatise on Mechanics*:*Vol*. *I*. *Containing Statics and Part of Dynamics*,其后的几个版本完整书名为 *An Elementary Treatise on Mechanics*: *Designed for the Use of Colleges and Universities*,第七版的书名将上述"Designed" 换做"Intended",7 个版本均为剑桥出版。具体情况如表 3-2-3 所示。

表 3-2-3 *An Elementary Treatise on Mechanics* 的 7 个版本

版本	出版年	页数	备注
第一版	1819	348	只出版一次
第二版	1824	342	有修订
第三版	1828	369	有修订

（续表）

版本	出版年	页数	备注
第四版	1833	280	有重大修订，主要简化了数学内容，增加了部分力学内容。将简化了的部分另编为“补充本”
第五版	1836	326	有较大修订，主要增补了一些实际应用问题
第六版	1841	124	有较多校订与修改，并将原书分为两书
第七版	1847	191	有较多校订与修改

Mechanics 的 7 个版本每一版都有修订，其中第四版和第六版内容变化最大。7 个版大致可分为 3 组：前 3 版、第四版和第五版、第六版和第七版，每组的内容比较接近。

由于休厄尔后来关注剑桥大学的文学荣誉学位考试的改革，为使他的教科书适应更广泛的教育目标，对其进行了较大的修订。从第四版之后，休厄尔对该书的内容进行了简化，剔除了前 3 版中大量涉及分析力学和复杂计算的部分，并将剔除的部分另外编成“补充本”（*Analytical Statics*：*A Supplement to the Fourth Edition of An Elementary Treatise on Mechanics*，图 3-2-3）在同年（1833）出版。本书选择了 *Mechanics* 具有代表性的第一版、第四版、第七版的目录整理成表 3-2-4，以便了解不同版本之间的内容变化。

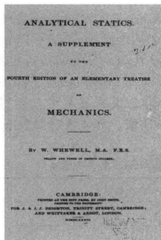

ANALYTICAL STATICS.
A SUPPLEMENT
TO THE
FOURTH EDITION OF AN ELEMENTARY TREATISE
ON
MECHANICS.
By W. WHEWELL, M.A. F.R.S.
CAMBRIDGE:

图 3-2-3 第四版“补充本”*Analytical Stical*

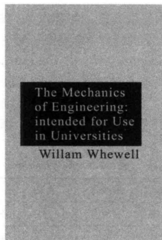


图 3-2-4 *The Mechanics of Engineering*

表 3-2-4 *An Elementary Treatise on Mechanics* 的 3 个版本目录比较

<table>
<tr><th></th><th colspan="2">第一版目录</th><th>第四版目录</th><th colspan="2">第七版目录</th></tr>
<tr><td rowspan="13">静力学</td><td colspan="2">导论</td><td>导论</td><td colspan="2">导论</td></tr>
<tr><td colspan="2">第一章 定义和定理</td><td></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">第二章 杠杆</td><td>第一章 杠杆</td><td colspan="2">第一章 杠杆</td></tr>
<tr><td colspan="2">第三章 力的合成分解</td><td>第二章 力的合成分解</td><td colspan="2">第二章 力的合成分解</td></tr>
<tr><td colspan="2">第四章 共点力的平衡</td><td>第三章 机械力</td><td colspan="2">第三章 刚体的平衡</td></tr>
<tr><td colspan="2">第五章 一个平面内的共点力的平衡</td><td></td><td colspan="2">第四章 静力学的解析式</td></tr>
<tr><td colspan="2">第六章 重心</td><td>第四章 重心</td><td colspan="2">第五章 重心</td></tr>
<tr><td colspan="2">第七章 刚体的平衡</td><td>第五章 刚体的平衡</td><td colspan="2">第六章 平衡问题</td></tr>
<tr><td colspan="2">第八章 机械</td><td>第六章 静力学中的摩擦力</td><td rowspan="5">附录</td><td rowspan="5">第七章 对前面版本的说明
第八章 机械力
第九章 前面版本的重心的例子</td></tr>
<tr><td colspan="2">第九章 视速度</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">第十章 易变形物体平衡</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">第十一章 弹性体平衡</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">第十二章 拱的平衡</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="8">动力学</td><td colspan="2">第一章 定义与定理</td><td>第一章 定义和定理</td><td rowspan="6">第一章 产生加速度的力</td><td rowspan="6">1. 第一定律
2. 匀加速运动
3. 重力产生的运动
4. 变化的力
5. 第二定律
6. 抛体
7. 离心力
8. 公式</td></tr>
<tr><td colspan="2">第二章 匀速运动及其碰撞</td><td>第二章 匀速运动和碰撞</td></tr>
<tr><td colspan="2">第三章 匀加速运动和重力</td><td>第三章 匀加速运动和重力</td></tr>
<tr><td colspan="2">第四章 抛体运动</td><td>第四章 抛体运动</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2"></td><td>第五章 曲线上的运动</td></tr>
<tr><td>第六章 运动物体的摩擦力</td></tr>
<tr><td rowspan="2">附录</td><td rowspan="2">变直线运动，公式，曲线运动，摆和圆拱</td><td>第七章 机械力的度量和机械做功</td><td rowspan="2">第二章 运动力</td><td rowspan="2">1. 第三定律
2. 持续的运动力
3. 斜面上的运动
4. 曲线运动</td></tr>
<tr><td>第八章 弹力与碰撞</td></tr>
</table>

从表 3-2-4 第四版和第一版的内容对比中可以看出，第四版剔除了第一版材料力学部分（即第九章到第十二章的内容）、第五章共点力的平衡的内容及该章涉及"合力的平面坐标表示"、"合力的三维坐标表示"等内容。另外，将第一版附录中曲线运动的内容放在了第四版正文动力学部分的第五章，同时还增加了第六章到第八章的运动物体的摩擦力、机械力的度量和机械做功、动量定理的内容。从各章节具体内容的对比来看，差别最大的是"重心"一章，简化后的第四版剔除了在第一版中的求弯曲物体的重心，均匀面、非均匀面的重心，旋转面、旋转体的重心等使用二重积分、三重积分的内容。第四版与第五版相比，第五版增加了刚体转动的内容。第六版对前面几版的内容进行了更大的变动，一方面在问题的叙述上更加简练，内容的安排顺序上也有很大的变化；另一方面就是将原书的内容分成两部分，其中有关机械、材料力学等方面的内容编进了作者同时出版的另一部著作《工程力学教程》（*The Mechanics of Engineering*，1841，图 3-2-4）中，作为 *Mechanics* 的补充。在《工程力学教程》中包括了原来 *Mechanics* 中的机械部分和材料力学部分（机械力、视速度原理、力偶、结构、拱、稳定平衡和非稳定平衡、易弯曲和变形物体的平衡）及活力和功等内容。这些内容中除了"活力和功"在第一版中没有涉及外，其他内容在第一版中都有涉及，只是《工程力学教程》的这部分内容更系统、更完备。由于第六版和第七版的进一步简化，休厄尔在第七版的序言中也建议这个版本可以与前面的版本结合使用。

"休厄尔在 1819 年出版的教科书《初等力学教程》一书广泛采用微积分工具，促进了当时剑桥应用数学的发展，1833 年该书再版时他在静力学中加入'分析静力学'部分，其中包括弹性体平衡一章。此书于 1851 年传入中国，由英国传教士艾约瑟和中国数学家李善兰合译成中文。"[①]这一说法有误，事实上，1833 年版的《初等力学教程》是将分析静力学部分删掉，编入另一部力学著作中，即是上面讲的分析力学"补充本"。也就是说，从 1833 年开始《初等力学教程》中减少了分析力学的内容，而不是增加了这部分内容。晚清引进翻译的是 1836 年的第五版，该版本删除了分析力学，

① 中国大百科全书总编辑委员会物理学编辑委员会. 中国大百科全书：力学卷[M]. 北京：中国大百科全书出版社，1985：211—212.

但由于增加了刚体绕定轴转动的问题，其中涉及到了部分分析力学的内容。

Mechanics 与 *A Treatise on Dynamics* 相比涉及了更基本的力学问题。在第四版之后包含了力学中更加基础的内容。休厄尔就是力图从这些最基础的部分体现力学严密的逻辑性，并且从这些基础的内容中看到力学思想的发展轨迹。他认为，"这样的形式会使学生理解这门学科较难的问题"。因此，就杠杆这样的内容，即使经历了 7 次修订，仍然作为其中的一部分内容。他指出，在这部教科书中将更多地保持早期的历史形式，正是在这些历史形式中，力学思想一代一代变得清晰起来，这些形式的理性知识有很高的价值。所以保留了"力学的永恒部分"——杠杆，即从杠杆开始，然后涉及力学其他部分的知识①。

在 *Mechanics* 中，休厄尔除了强调力学严密的逻辑性之外，另一个反复强调的是，力学特别是动力学是一种归纳科学。他在几个版本的 *Mechanics* 的前言中都指出："在动力学部分，力学特别地被认为是一种归纳科学。我们不得不分析所有的运动现象，然后获得说明这些现象的原理。" *Mechanics* 体现了休厄尔早期的归纳思想。这种思想在他的《归纳科学的历史》和《归纳科学的哲学》中得到了具体的阐述。

在 *Mechanics* 7 个版本的修订中，逐步简化了数学内容，完善了力学基础知识，体现了力学这一学科的专业化趋势。这一点在该书第七版序言中已经有所体现，并在他的后期的研究中得到更加清晰的阐释②。

简化数学内容，不断增加物理学知识并使其独立化的趋势，与剑桥大学的教学改革一脉相承。在 *Mechanics* 7 个版本的内容变化中，也可以看到休厄尔关于数学、数学与物理学之间的关系的思想变化。第一版把突出数学的进步放在了首位，在第四版之后的修订中物理学问题成为关注的焦点。即第一阶段是解决培根、拉格朗日问题，说明当时数学与物理学的因果关系。那么随后的几年开始出于教学的而不是哲学的考虑——使他的

---

① WHEWELL W. An elementary treatise on Mechanics: intended for the use of colleges and universities[M]. Cambridge: Deighton's, 1847: iv.

② 休厄尔的《归纳科学的历史》得出又一结论就是，科学随着时间的推移而变得专门化。参见：FISCH M, SCHAFFER S. William Whewell: A composite portrait[G]. Oxford: Clarendon Press, 1991: 43.

教科书有更广泛的读者。因此，在更基本的教科书中，休厄尔不那么理所当然地认为数学陈述的方式是必不可少的。这就是本书前面叙述的从第四版开始剔除了涉及复杂数学计算的大部分内容的原因。

Mechanics 成为剑桥大学力学教科书，一版再版，足以说明这部著作在当时的影响。此书不仅传入中国，还译成德文在德国出版①。

第三节　*Mechanics* 体系及其内容组成

一、*Mechanics* 的思想体系与结构

在英国的教学改革中，英国接受了法国数学，同时也接受了法国的数学物理学，即混合数学。但是，当时法国的数学物理学仍然是以数学为主，对物理学的概念的阐述没有引起足够的重视。休厄尔在改革中既不赞成以纯数学的方式引进分析数学，也不赞成全盘接受法国的“数学物理学”。因此，在他所撰著的力学教科书中，一方面要体现力学自身的逻辑体系，另一方面要体现数学的进步，即在力学中把分析数学作为解决力学问题的工具。在 *Mechanics* 的不断修订中这种思想越来越得到了清晰的表达。

Mechanics 第四版的力学内容充分体现了休厄尔的上述思想。更具体地说，休厄尔在他的力学著作中强调了静力学与动力学所赖以建立的基础不同。它们的原理不同、概念不同，动力学不能从静力学推导出来。由于二者建立的基础不同，应当将二者从概念上和书的结构中做出明确的区分。因此，在内容的安排和各部分的编排顺序上可以看出他的静力学和动力学不同的方法论。

休厄尔认为，静力学更多的是一种演绎科学：“通过几何学建立了它的自明的原理，再通过几何学的严格推理推导出命题。尽管它的应用有限，但它使科学与数学联系起来，通过这样的方法，不需要增加新的力学原理，我们就能解决我们遇到的多数困难。”（第一版序言）杠杆原理、浮体的平衡

① 丁艳平. 休厄尔科学哲学思想探究[D]. 广州：华南师范大学，2005：6.

奠定了静力学定律的基础，由这些定律就能导致完整的平衡理论。静力学中的“力”的概念高度简洁、清晰，力的关系只能从平衡特性去考虑，各种情况都依赖于这种考虑。在 *Mechanics* 中，静力学是以杠杆开始，从杠杆的3个公理(Axiom)出发，导出命题(Prop.)，然后在命题的基础上推导出系(Cor.)，静力学的全部内容都是在此基础上演绎出来，构成了严密的逻辑体系。

从静力学整体的内容安排上也体现了这一点，即从杠杆的平衡出发，可以推导出力的合成与分解、简单机械、复合机械的力学原理、重心问题和刚体平衡等问题。

而动力学则不同，动力学是建立在实验基础上，并通过一系列的数学建立起来。动力学是一种归纳科学，人们不得不分析所有的运动现象，然后获得说明这些现象的原理。

休厄尔认为，牛顿就是用他超强的智慧归纳出三个运动定律，有了三个运动定律就有了数学推理的材料，这些定律首先运用于碰撞问题，涉及假设，然后考虑任何条件下的质点运动、转动，以及任何条件下的物体运动。这样演绎的事实构成了力学的主要原理。休厄尔批评了拉格朗日和高斯的数学在这一点上做得不够，法国的一些力学教科书中也存在同样的问题。

休厄尔认为，归纳包括两个步骤：一是对概念进行详细、明确的解释；二是对确定、准确的事实进行综合。然后从抽象概括而来的规律推广到更多的事实，包括推广到未知的事实①。因此，*Mechanics* 的动力学部分，首先阐释时间、速度、位移等概念，在此基础上探讨速度变化产生的原因——“加速力”(accelerating force)，定义“加速力”的概念后，由此总结出三个运动定律，最后将三个运动定律运用于各种运动情况，如碰撞问题、抛体问题、曲线运动问题、刚体转动问题等。整个内容就是在这样的结构中安排的。

休厄尔认为，力学必须被看做是最完美的归纳科学，其严密性和简单性仅次于几何学。然而，二者赖以建立的基础不同。“力学某种程度上依赖于观察，其所诉求的真理是通过实验证明的。”(第三版序言)休厄尔将力

---

① 丁艳平. 休厄尔归纳思想再探[J]. 自然辩证法研究，2004(2)：21—24.

学看做是经验的结果，就是每一步的形式化都与真实的事实对应，而形式不足以导致经验发现，经验发现必须涉及实在。

休厄尔的这种思想导致了他的教科书独特的物理思想内容和数学形式内容的结合。休厄尔的教科书使他获得了成功，并为剑桥大学的物理学成为一门独立的学科做出了应有的贡献。

二、*Mechanics* 的内容组成

Mechanics 全书包括前言、导论、目录、注释和正文五部分。然而，《重学》却没有翻译 *Mechanics* 的前言和导论，以及大部分注释的内容。为理解休厄尔撰著这部教科书的指导思想，以下简述这三部分内容。

1. 前言和导论

Mechanics 前言的内容主要介绍了该书的版本、修订的情况，各部分内容之间的内在联系和力学的基本方法，静力学和动力学的区别及其各自的创始人及发展史。导论部分包括力学的基本概念和力学研究的基本方法，同时也体现了休厄尔对科学概念、术语的重视，如对力学中的"物体"以及该概念抽象的必要性的说明："力学中的'物体'不同于几何学中的物体，在力学中我们把物体看做是实际存在的。在力学中正像在所有其他科学中一样，我们的'物体'是建立在一般的推测性事实上的。我们改变或提炼通常的概念以便于这些概念可以符合这些目的要求。我们必须定义、抽象和一般化这些概念。这样，我们可以通过定义、公理和定律和一些正被简化的方式来表达这些概念，并且它们可以导致科学假说。修正原初的、宽泛的力的概念是要求我们研究力学知识的第一步……"①

力学概念在该书中占有很重要的地位，也是力学学习与研究的不可忽视的重要内容。《重学》没有翻译前言和导论这两部分内容，但是，我们有必要概要介绍导论中的对主要概念的界定，由此就可以比较晚清力学传入时有些概念是否得到准确理解与传播。

(1) 力学与力

力学：力学是讨论关于物体运动和静止规律的科学。

① WHEWELL W. An elementary treatise on Mechanics: intended for the use of colleges and universities[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1836.

力：任何引起物体运动或运动趋势、或改变物体运动和运动趋势的原因，叫做力（force）。由运动获得力的概念。改变或阻止物体运动被称为效果（effect），并指瞬间的原因，力就是运用于这种瞬时原因的一般词语。

（2）物体或物质具有阻滞力的作用的性质。

（3）平衡力：力既可以使物体产生运动，也可以使物体静止。一个力可以产生运动，两个力或多个力可能互相合成而抵消作用效果，从而使物体静止。如果几个力作用在物体上没有产生运动就是被一个或几个力抵消了。这种情况的力叫做彼此平衡，或叫做平衡力。两个彼此平衡的相反的力叫做平衡力，每一个力都被认为是另一个力的量度，因为它们的作用效果相同。

（4）力的叠加：力能够被合成，合成的力的作用效果与单独的一个力的作用效果相同。

（5）重力：所有我们能够观察到的物体都落向地球，在下落方向上所施加的力叫做重力。

（6）质量和重量：任何物体的重量都等于各部分重量之和。质量（quantity matter）可以用重量来衡量。当不同的物质，物质的量不同时，可以产生相同的作用效果（讲述了比重、体积、质量之间的关系）。

（7）静力学与动力学：力学被分为静力学与动力学两部分。静力学是研究平衡状态下的力，动力学是研究产生运动的力。

（8）作用力与反作用力：在静力学中，力是由它所支持的物体来衡量。静力学的力叫做压力（pressure）。当一个物体被支撑时，它施加一个向下的力于支持物上，支持物给它一个向上的力。每个支持物给物体的力是向上的，它等于作用在支持物上向下的力。后者叫做作用力，前者叫做反作用力（大小相等、方向相反）。由绳施加于物体的力叫做张力或弹力（tension）。

（9）静力学原理：最简单的静力学原理就是共点力的平衡和作用于杠杆的力的平衡。这两个原理是互相联系的，并且可以互相推导得出。然后可由它们推导出其他静力学原理以及力的合成。

以上对力学概念的界定基本上与我们现在的界定一致。

2. 注释

注释在 *Mechanics* 中占有较大比例，全书共有 37 个注释，主要涉及对

正文中的内容进一步解释、说明，和对一些公式的证明，也有一些说明了相关内容的发现者、力学实验的发明者，以及与本书相关内容的出处、参考文献等，同时还涉及一些科学史内容。例如：

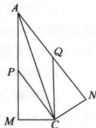


图 3-3-1

(1) 在“力的合成与分解”中：AP 与 AQ 合成 AC，AC 不会使杠杆平衡除非有 CA 与它平衡。在此有注释：

“如果有一个与 AC 大小相等、方向相反的力 CA 作用于杠杆，杠杆平衡，但是不会与成角度的 AP 或 AQ 平衡。(图 3-3-1)”

即指出合力作用的效果。

(2) 在“刚体转动”中，对转动惯量的进一步解释：

“刚体绕给定轴的转动惯量等于刚体中每个质元的质量与该质元到转轴距离的平方的乘积之总和。”

注释中有以下解释、说明：

“惯性是衡量阻碍物体(即一个单个质点)运动的物理量。但是当一个物体绕固定轴转动时，一个质元阻碍物体转动的效果与到转动轴的距离有关系，就像力作用于杠杆时(与力到转轴的距离有关系)的作用效果一样，这种作用效果叫做力矩；对旋转物体而言，由质量引起的阻碍物体转动的作用效果等于质量与距转轴距离的平方的乘积，这个乘积就叫做转动惯量，所有质点的这个乘积的和叫做系统的转动惯量。”

在这一段注释中，解释了惯性与转动惯量的区别。惯性与物体质量有关，而转动惯量不仅与质元的质量有关还与质元到转轴的距离有关。

(3) 关于真空中的单摆问题，提到了 1669 年英国皇家学会的胡克通过该实验证明的第一定律，正文中讲到单摆的周期不随地点变化(等时性)，但在注释中提到，根据拉普拉斯的研究，会有小的变化。

(4) 关于弹性体碰撞前后的速度成比例，注释中用了大量的篇幅讲了胡克、雷恩于 1670 年做的弹性体实验，讲述了约翰·斯米顿(J. Smeaton, 1724—1792)用不同物体重复了实验，说明了当时关于弹性体碰撞问题的一些分歧，雷恩、沃利斯和惠更斯关于碰撞原理的贡献，还提到伊顿·金森

(E. Hodgkinson)的实验与"水做功与水流速的立方成正比"的结果相符,但没发表的事迹。另外,解释了什么是非弹性体,以及关于非弹性体的相关的研究进展。讲到阿特伍德(G. Atwood,1746—1807)实验①。

此外,注释中还涉及到该书的参考文献:《帕普斯数学文集》(*Pappus's Mathematical Collection. Book 8.*)、英国皇家学会史(*British's History of the Royal Society, Vol* Ⅱ.)和《皇家学会哲学会刊》(*The Philosophical Transactions of the Royal Society, or Phil. Trans.*)、拉普拉斯的著作、阿特伍德的《论直线运动与转动》(*Treatise of Rectilinear and Rotatory Motion, Sec.* 7)和牛顿的《自然哲学的数学原理》。

三、*Mechanics* 的影响与评价

1. *Mechanics* 的特色

休厄尔的 *Machanics* 体现了如下特色。

首先是公理化体系。公理化方法从欧几里得的《几何原本》开始应用,到牛顿的《自然哲学的数学原理》成为西方数理科学通用的逻辑体系。*Mechanics* 基本上也是应用了公理化的逻辑体系来组织各部分内容,即按照定义(或命题)—公理(运动基本定律)—定理(或推论或系)的程序构造力学理论,而且对每一定理都有严格的数学证明。在叙述方式上也体现了休厄尔的静力学为演绎科学、动力学为归纳科学的思想。尤其是在动力学部分,对某一定律的引出都是从实验、实例,通过逻辑推导,然后得出一般性规律。

其次是注重历史。在他的力学著作中注意体现历史、说明历史,但在内容的安排上不完全按照历史顺序,而是按照力学的内在逻辑顺序。在这一点上,一方面体现在这部大学教科书中保留了他认为是静力学源头的一部分内容——杠杆的平衡,另一方面注重力学发展史的介绍。正如在序言中所说的那样,他就是力图从最基础的部分体现力学严密的逻辑性,并且

---

① 英国数学家、物理学家阿特伍德于 1784 年所制的一种测定重力加速度及阐明运动定律的器械。其基本结构为在跨过定滑轮的轻绳两端悬挂两个质量相等的物块,当在一物块上附加另一小物块时,该物块即由静止开始加速滑落,经一段距离后附加物块自动脱离,系统匀速运动,测得此运动速度即可求的重力加速度。

从这些基础的内容中看到力学思想的发展轨迹。这样会使学生更好地理解这门学科。这一点与我们现在倡导的科学史的教学功能颇有共同之处。休厄尔在他的时代已经认识到了这一点。

另外，*Mechanics* 尽管只是一部教科书，但是，休厄尔在不断的修订中特别注意新知识的补充，如在修订中陆续补充的摩擦力、曲线运动、刚体转动和功等内容，特别是功的概念。19 世纪 30 年代，彭塞利引入功的概念之后，动能定理才得到准确表达，*Mechanics* 在 1836 年第五版的修订中就已经将这部分内容作为正式的内容补充到该著作中。一部教科书，时刻关注科学发展的最前沿，这是非常难得的。

《初等力学教程》（包括修定后分成的几部著作，《分析力学》的补充本、《工程力学》）、《动力学著作》、《力学的欧几里得几何》包含了当时经典力学的几乎全部内容，及力学发展的最新进展。这足以体现休厄尔在力学方面的知识素养。

2. *Mechanics* 的赞誉及不足

休厄尔的力学教科书在当时获得了广泛的赞誉，也产生了较大的影响，不过以更高的标准来看仍然有一些不足，这些不足也体现了一门学科发展的过程。

第一，尽管该书是为引进分析数学而作，但是作为由混合数学发展而来的力学学科，*Mechanics* 仍然带有非常明显的数学或更确切地说是几何性质。在处理各种力学问题的方法上，有相当比例的问题是从数学出发，而不是从力学的概念出发。例如，在处理斜上抛物运动的最大射程、射高的问题中，我们现在最基本的方法是将竖直向下的重力加速度分解为如图 3-3-2 所示的 x，y 轴方向的 2 个分量，将加速度的分量代入水平面上抛物运动的射高、射程的公式中即可。这样处理物理意义明确，计算简单，而 *Mechanics* 采用了几何方法，使得计算过程比较复杂，这大概也是书中有很多繁琐的计算过程的原因之一。《重学》在翻译过程中当然采用了与 *Mechanics* 同样的方法。这一点也体现了力学从数学中的一部分走出，成为独立的一门学科的过程。

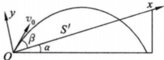


图 3-3-2

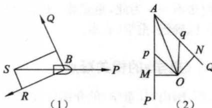


图 3-3-3 源自 *Mechanics*

第二，关于矢量的问题，"矢量"在 *Mechanics* 中也不是一个非常明确的概念。拿一个最简单的例子来说明，如在力的合成与分解的内容中，大部分插图中都没有力的方向，即使有也不规范，如图 3-3-3 所示。休厄尔也注意到了该问题，在他的后期版本的修订中得到了修正。

第三，1799 年法国科学院制定了国际单位制，法国正式实行公制。而英国没有实行，这一点在 *Mechanics* 中也有体现。在 *Mechanics* 中，时间——秒，长度——英尺，重量——磅，这也使得该书中的一些物理常量与现在使用的有所不同，这一点也体现在《重学》中。不过，由于晚清度量衡本身比较混乱，《重学》中关于力学单位的问题就不仅限于此了，该问题在第四章翻译一章将有所涉及。

上述问题，作为科学发展过程的一部分，并没有影响对休厄尔在这方面的成就的评价。休厄尔使力学由"混合数学"成为一门独立的学科，仅这一点就使他的力学著作受到了广泛赞誉并产生重要影响。他的这方面的工作为英国物理学的发展奠定了基础，对剑桥大学的发展也起到了重要的作用。休厄尔的工作使得剑桥大学成为了 19 世纪中叶以后物理学方法的发源地，并获得了"物理学的剑桥"的美誉①。这或许也是选择这部著作译成中文时艾约瑟所言"西国言重学者，其书充栋，而以胡君威力所著者为最善"②的主要原因之一。

第四节 《重学》底本的确定

Mechanics 共 7 个版本，不同版本之间内容差异很大，《重学》译自哪一

---

① ROBSON R, CANNON W F. William Whewell, F. R. S. (1794—1866) [J]. Notes and Records of the Royal Society of London, 1964(12):168—191.

② 李善兰，艾约瑟. 重学[M]. 南京：金陵书局，1866:1.

版本，说法不一。为此，重点将《重学》与 *Mechanics* 的第四版和第五版进行对照，以确定《重学》底本。

一、《重学》的相关疑点

目前，国内对《重学》的介绍存在如下问题：

第一，关于《重学》所据底本。一种说法"所据底本不详"①②；另一种说法"1833 年第二版"③。目前国内一些研究多依据后说。实际上，*Mechanics*1833 年出版的不是第二版，而是第四版，第二版是 1824 年出版的，"1833 年二版"本身就是一个错误的说法。学界已有人注意到此问题，并对《重学》底本进行了研究，推测《重学》可能参考了原著不同的版本④。

第二，关于《重学》翻译了原著的哪些内容。梁启超在《读西学书法》中谈到："李壬叔所译《重学》甚精。然闻西人原书，本分三编。其前编极浅，以教孩孺。其后编极深，一切重学致用之理在焉。李译者仅其中编耳。"⑤徐维则在《增版东西学书录》中说："是书前七卷论静重学，后十卷论动重学，末三卷附流质重学，以算法推论诸理，深切著明，实为善本。西人原书本分三编，此仅其中编。"⑥《晚清西学书目提要》提到，"《重学》二十册，英胡威立撰……兹译为原书之中篇"⑦，一些研究论著也有类似的叙述⑧⑨⑩。《重学》究竟翻译了哪些内容、有哪些取舍与增补、上述信息是否准确，有待考证。

第三，关于《重学》内容的来源。《续修四库全书总目提要（稿本）》推测《重学》"卷首"来源于《重学浅说》："（《重学浅说》）首述'重学原始'，次'重

---

① 戴念祖. 中国科学技术史：物理学卷[M]. 北京：科学出版社，2001：550.

② 王冰. 中国物理学史大系：中外物理交流史[M]. 长沙：湖南教育出版社，2001：114.

③ 中国大百科全书总编辑委员会物理学编辑委员会. 中国大百科全书：力学卷[M]. 北京：中国大百科全书出版社，1988：287.

④ 邓亮. 艾约瑟在华科学活动研究[D]. 北京：中国科学院自然科学史研究所，2002：18.

⑤ 梁启超. 读西学书法[M]//黎难秋. 中国科学翻译史料. 合肥：中国科学技术大学出版社，1996：632.

⑥ 徐维则. 增版东西学书录[M]//王韬，顾燮光. 近代译书目. 北京：北京图书馆出版社，2003：196.

⑦ 熊月之. 晚清西学书目提要[M]. 上海：上海新华书店出版社，2007：594.

⑧ 黎难秋. 中国科学翻译史料[M]. 合肥：中国科学技术大学出版社，1996：632.

⑨ 沈渭滨. 近代中国科学家[M]. 上海：上海人民出版社，1988：118.

⑩ 杨自强. 学贯中西——李善兰[M]. 杭州：浙江人民出版社，2006：105.

学总论'。惟'重学总论'全篇与艾约瑟李善兰译《重学》'卷首'之文首尾相同,不易一字。韬于'重学原始'篇中谓莫精于英人胡威立,则其所据之原本必为同本无疑……韬与伟烈亚力合译《重学》未竣,约瑟、善兰因而续成之欤?"[①]这里推测王韬与伟烈亚力所翻译的《重学浅说》与《重学》为同一本书,王韬与伟烈亚力没译完,艾约瑟与李善兰继续翻译最终完成。对此问题学界已有一些有针对性的研究,指出《重学》"卷首"为《重学浅说》的节录[②],"推断这部分内容是伟烈亚力后加上去的"[③]。那么,《重学浅说》与 *Mechanics* 是否有关系,通过比较,可以将这一问题明确化。

综上所述,关于《重学》的底本、翻译的内容等,学界流传着一些不确切、不一致,甚至错误的说法。

二、《重学》的底本

由于《中国大百科全书——力学卷》涉及到 1833 年的第四版和 1824 年的第二版,因此,本书重点对比了这两个版本。

1.《重学》底本的确定

从 *Mechanics* 的版本介绍和分析以及与《重学》内容的对比来看,《重学》翻译的应当是 *Mechanics* 从第四版开始剔除了复杂数学内容之后的版本,因为《重学》中没有涉及大量的材料力学的内容(第一版,第九章—十二章的内容),也没有涉及二重积分、三重积分、二维和三维直角坐标系相关的内容。因此,首先排除了《中国大百科全书——力学卷》中所言的第二版的可能性。另外,由于《重学》有机械部分,如"论七器"、"论诸器合力"等内容,而 *Mechanics* 第六版之后,将这部分内容编入另一部《工程力学教程》中。因此,可以断定《重学》的底本是第四版或第五版。又因《中国大百科全书——力学卷》提及第四版(1833),所以有必要重点对比《重学》与 *Mechanics* 第四版(1833)和第五版(1836)的内容。*Mechanics* 第四版与《重学》内容对比,如表 3-4-1 所示。

---

① 柯劭忞等. 续修四库全书总目提要(稿本):第二卷[M]. 济南:齐鲁书社,2001:768.

② 汪晓勤. 艾约瑟——致力于中西科技交流的传教士和学者[J]. 自然辩证法通讯,2001(5):74—96.

③ 韩晋芳. 关于《重学》版本的初步研究[J]. 哈尔滨工业大学学报:社会科学版,2007(5):7—12.

表 3-4-1　*Mechanics* 第四版和《重学》内容对比

Mechanics 第四版(翻译之后)	《重学》目录
静力学	静重学
第一章　杠杆	卷一　论杆
第二章　力的合成分解	卷二　论并力分力
第三章　机械力	卷三　论七器
	卷四　论诸器合力
第四章　重心	卷五　论重心
第五章　刚体的平衡	卷六　论刚质相定之理
第六章　静力学中的摩擦力	卷七　论面阻力
动力学	动重学
第一章　定义和定理	卷八　论质体动之理
第二章　匀速运动和碰撞	卷九　论平动相击
第三章　匀加速运动和重力	卷十　论平加速及互相牵引之理
第四章　抛体运动	卷十一　论抛物之理
第五章　曲线上的运动	卷十二　论物行曲线之理
	卷十三　论动体绕定轴之理
	卷十四　论器动
第六章　运动物体的摩擦力	卷十五　论动面阻力
第七章　机械力的度量和机械做功	卷十六　论诸器利用
第八章　弹力与冲力	卷十七　论相击抵力之理

从表 3-4-1 中可以看出,《重学》与 *Mechanics* 的第四版内容比较接近,但有差别。其一是 *Mechanics* 第四版没有《重学》的第十三卷和第十四卷的内容,其二是 *Mechanics* 第四版的内容与《重学》内容也有细微差别,具体如下:

(1)《重学》将 *Mechanics* 的“Chap. Ⅲ. On The Mechanical Powers”(即第三章机械力)分别作为 2 章,即“卷三论七器”、“卷四论诸器合力”,但是内容完全一样。这样导致 *Mechanics* 静力学部分是 6 章,而《重学》是 7 卷。

(2)《重学》的“卷十三论动体绕定轴之理”、“卷十四论器动”在 *Mechanics* 第四版中没有对应的内容。在动力学部分，由于原著比《重学》少了这 2 章的内容，所以原著是 8 章，《重学》是 10 卷。

(3)《重学》的卷六中“论桥环相定之理”的内容比 *Mechanics* 第四版此部分的内容多，《重学》这部分内容共 11 款，其中有三到四款的内容在 *Mechanics* 第四版中没有对应。

(4) 其余相同章节具体内容有一些细微的差别。卷六、卷八与原著相比个别问题叙述的顺序有所不同。例如，在《重学》卷八中“重速积”（动量）和“速度的合成”这两部分内容与 *Mechanics* 第四版的前后顺序不同，《重学》中的“重速积”的内容在牛顿第二定律之后出现，而 *Mechanics* 第四版这一内容是在这一章的概念介绍时就出现了，比《重学》中的位置提前；“速度的合成”*Mechanics* 在牛顿第二定律之后，《重学》在牛顿第二定律之前。

根据分析，《重学》底本可能是第五版[①]。通过对比，*Mechanics* 第五版内容与《重学》内容完全相同，第四版中出现的上述差别也得以消除。将 *Mechanics* 第五版（图 3-4-1）与《重学》（图 3-4-2）[②]的目录整理如表 3-4-2 所示。

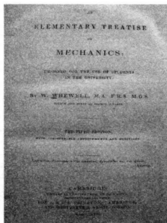


图 3-4-1 *Mechanics*(1836)

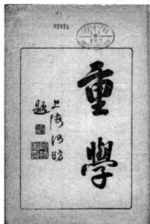


图 3-4-2 《重学》(美华本)

① 美国纽约市立大学的徐义保先生提供了第三版和第五版的 *Mechanics*，才使这部分内容得以顺利完成。在此表示深深的感谢。

② WHEWELL W. An elementary treatise on Mechanics: intended for the use of colleges and universities[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1836.

表 3-4-2 《重学》与 *An Elementary Treatise on Mechanics* 第五版目录对比

《重学》	*An Elementary Treatise on Mechanics*(5th,1836)
李善兰序、钱熙辅跋	Preface
	Introduction
静重学七卷	Statics
卷一 论杆	Chap. Ⅰ. On The Lever
卷二 论并力分力	Chap. Ⅱ. On The Composition And Resolution Of Force
卷三 论七器	Chap. Ⅲ. On The Mechanical Powers
卷四 论诸器合力	Sect. Ⅰ. Sect. Ⅱ. Sect. Ⅲ.
卷五 论重心	Chap. Ⅳ. On The Center Of Gravity
卷六 论刚质相定之理	Chap. Ⅴ. Problems Concerning The Equilibrium Of Rigid Bodies
卷七 论面阻力	Chap. Ⅵ. On The Friction In Statics
动重学十卷	Dynamics
卷八 论质体动之理	Chap. Ⅰ. Definitions And Principles
卷九 论平动相击	Chap. Ⅱ. Uniform Motion And Collision
卷十 论平加速及互相牵引之理	Chap. Ⅲ. Uniform Accelerated Motion On Gravity
卷十一 论抛物之理	Chap. Ⅳ. The Motion Of Projectiles
卷十二 论物行曲线之理	Chap. Ⅴ. Motion Upon A Curve
卷十三 论动体绕定轴之理	Chap. Ⅵ. Motion Upon A Fixed Axis
卷十四 论器动	Chap. Ⅶ. Motion Of Machines
卷十五 论动面阻力	Chap. Ⅷ. Friction Of Bodies In Motion
卷十六 论诸器利用	Chap. Ⅸ. Measure Of The Power Of Mechanical Agents And Of Work Done By Machines
卷十七 论相击抵力之理	Chap. Ⅹ. The Connection Of Pressure And Impact.

上述与第四版对比中，*Mechanics* 比《重学》缺少的第十三卷和第十四卷的内容，在第五版中对应的是动力学部分的第五章和第六章。并在该版的前言中说明了这个版本增加的刚体转动的内容是来自休厄尔的另一部

力学著作《论动力学》(*A Treatise on Dynamics*)。

上述(3)中第四版 *Mechanics* 比《重学》缺少的三到四款的内容在第五版 *Mechanics* 中也有相应的内容,且在前言中也有相关的说明。

休厄尔在该版的序言中指出,"这些增加的内容在一般的力学著作中没有,它们具有实践特性,能够增加力学理论与实践的联系"。在增加了这些内容之后,休厄尔认为,"这个版本包括了力学的全部原理"①。也就是说,与第四版相比,第五版增加了刚体转动的内容,就力学的基础内容而言,第五版内容更加完善。

2.《重学》内容与其底本内容的区别

(1)《重学》的翻译在文字上采取了意译,也没有沿袭原著的体例。原著内容是按照1、2、3……等小节讲解,全书共275个小节,每一小节涉及一个力学命题(proposition)或力学概念(definition)。《重学》将原著的问题按卷编排,每一卷按照原著的命题或定义以第一款、第二款等形式编排,但是没有完全一一对应的关系,并对个别内容做了调整。另外,原著中将所有的插图放在一起以附页的形式编排,而《重学》是以插图的形式附于文中相应的位置,阅读起来比较方便。

(2)就整体章节内容而言,《重学》的卷三、四是将第五版 *Mechanics* 的第三章内容拆分成2卷,所以导致《重学》静力学7卷,*Mechanics* 静力学是6章,但是内容相同。从目录的章节名称上看,《重学》卷八、十六、十七尽管分别与原著动力学第一、九、十章名称不同,但是内容完全相同。

(3)《重学》没有翻译原著的前言、导论和注释。前言的内容主要介绍该版本所要体现的力学思想,各部分的编写顺序及其内在逻辑。导论部分介绍了力学的主要概念,如什么是力学、力学的学科体系、静力学和动力学;质量、重量及其测量;力的概念、运动的概念,力的种类:压力、弹力;平衡力、作用力与反作用力等。注释涉及了对内容的说明、证明,以及相关内容的来源,还涉及相应的力学史内容。

(4)《重学》翻译时,具体内容有删减,也有一些增补,如《重学》增加了传统数学内容(如天元术)、增补了一些复杂问题的实例(如圆锥摆)、对个别问题增加了一些解释。

---

① WHEWELL W. An elementary treatise on Mechanics: intended for the use of colleges and universities[M]. Cambridge:Cambridge University Press,1836:5.

从上面的对比分析可知,《重学》的底本是1836年第五版。《重学》除*Mechanics*前言、导论和注释部分没有翻译外,翻译了*Mechanics*第五版的全部内容。除了第三卷和第四卷是将*Mechanics*第五版内容拆分成2卷之外,其他内容均按照原著章节内容、顺序翻译。《重学》的底本与*Mechanics*其他版本相比,减少了数学难度,增加了力学的基础知识部分,就基础力学内容而言是7个版本中最完备的一个版本。与当时西方力学发展的情况相对照,该版本包含了19世纪以前除流体动力学和分析力学之外的几乎所有力学成就。整个晚清力学知识的译介包括具有物理学近代化标志的《物理学》[1]和《力学课编》[2]在内都没有超出这个范围。

① 饭盛挺造.物理学[M].藤田丰八,译.王季烈,重编.上海:江南制造总局,1900—1903.
② 马格纳.力学课编[M].严文炳,初译.常福元,重订.北京:学部编译局,1906.

第四章 《重学》的翻译

由前述知，《重学》的底本 *Mechanics* 先是为实践剑桥大学的数学教学改革而编写的，随着剑桥大学数学改革的深入，自然科学逐渐也成为了荣誉学位考试的内容。*Mechanics* 在修订中也逐渐适应了当时剑桥大学的教学改革的需求，第五版的 *Mechanics* 正是为适应这一要求而修订的一部大学力学教科书。它简化了数学内容，增补了力学知识，基本包括了 19 世纪以前力学发展中的几乎所有内容，同时在这部教科书中也体现了休厄尔的归纳思想，并将其归纳思想应用于该教科书的编写中。

那么，《重学》翻译的背景与 *Mechanics* 有怎样的不同？《重学》的翻译是否体现了原著的思想，其内容是否全面，力学概念、术语的翻译规则、方法如何，对其中的力学概念的理解是否准确等等。这些问题的深入研究对于理解《重学》在翻译过程中，传统知识、表达习惯所产生的作用是非常必要的。

第一节 《重学》的文本翻译

《重学》是鸦片战争之后传入的。鸦片战争的失败使中国上下开始寻求自强之路。在自强运动和实学思潮的裹挟下，不少有识之士开始大批翻译西方科学技术书籍。

对于为什么翻译《重学》，李善兰在《重学》序中讲得很清楚，因为艾约瑟说“西人考天制器皆用重学”，于是李善兰同意与艾约瑟一起翻译《重学》。这是当时以“技”与“器”的形式接受西学的实学思潮最典型的代表。

因为"制器"与"制夷"有着密不可分的关系。

> "呜呼！今欧罗巴各国日益强盛为中国边患，推原其故，制器精也，推原制器之精，算学明也……异日人人习算、制器日精，以威海外各国。"

《重学》的翻译是众多鸦片战争之后传播西学的一个缩影。可以看出，《重学》翻译的社会背景与 *Mechanics* 完全不同。在当时有限的知识背景下，在内忧外患的社会环境下，中国知识分子想通过学习、译介西方科技知识来改变中国的命运，因此，《重学》翻译的背景与 *Mechanics* 相应的大学教学改革的社会环境，和体现科学研究方法的学术追求有着天壤之别。在这种情况下，我们也就不难理解，李善兰把《重学》只看做是考天制器的辅助工具。这一点从《重学》对原著的取舍与增补能略见一斑。下面就在与原著对比的基础上，分析、探讨《重学》在翻译中，对原文的取舍与增补、技术处理、名词术语的翻译方法及其存在的问题。

一、《重学》与 *Mechanics* 体例的差异

在 *Mechanics* 中，休厄尔特别强调力学的逻辑体系，他认为静力学是演绎科学，而动力学则是归纳科学。所以，静力学是从杠杆开始，即从杠杆的 3 个公理出发，导出"命题"，然后在命题的基础上推导出"系"。静力学的全部内容在此基础上演绎出来，构成了严密的逻辑体系。而动力学则不同，动力学是建立在实验基础上，并通过一系列的数学模型建立起来的。所以在动力学部分，首先阐释时间、速度、位移等概念，在此基础上探讨速度变化产生的原因——"加速力"(accelerating force)，定义了"加速力"的概念，由此总结出 3 个运动定律，然后将 3 个定律运用于各种运动情况，如碰撞问题、抛体问题、曲线运动问题、刚体转动问题等。整个内容就是在这样的结构中安排的。

Mechanics 包括前言、导论、目录、注释和插图，插图部分是将全书所有的图集中在一起，以附页的形式附于书后。全书的内容是以 1，2，3……小节编排，共 275 小节，每一小节涉及一个力学命题或力学概念，也有的将一个实例作为一节，各章小节的内容连续编号。在这些小节中很大一部分是命题，命题全部使用了斜体字。

《重学》翻译时，没有翻译 *Mechanics* 的前言、导论部分，钱熙辅的跋、李善兰的序、伟烈亚力的英文序，所有增加的内容都没有反映 *Mechanics*

前言、导论中的内容(见第三章)。

《重学》在内容安排上基本按照 *Mechanics* 的章节顺序,除《重学》将 *Mechanics* 的第三章分为2卷之外,其他部分没有大的变化。在个别章的题目上《重学》根据文中内容做了适当修改,如动力学原文的第一章"Definitions and Principles",《重学》改为"论质体动之理";动力学的第九章"Measure of the Power of Mechanical Agents and of Work Done by Machines",《重学》译为"论诸器利用"。

另外,具体每一卷的内容安排和叙述问题的方式,译著与原著也有差别。《重学》在每一卷中将原著的大部分"命题(Prop.)"译作为"款",不同的款在各卷中不连续。在原著中有的命题,在《重学》中没有作为一款,而是作为某一款的说明、前提等,这样总体看来,《重学》中的"款"的总数比原著小节的总数少得多。下面以卷十一"论抛物之理"一章的部分内容举例说明原著与《重学》的差异,如表4-1-1所示。

表4-1-1 《重学》与 *Mechanics* 举例对比

原著	《重学》卷十一　论抛物之理	备注
177. When a body is projected in any direction, not vertical, and acted upon by gravity, it will describe a curve line...	凡物于空中,除垂线外,任何方向为地心力所加必令物行于曲线,此曲线可以前八卷中之理论之,如图……	这一段,没有像原文作为一小节,而是作为引出第一款的一个说明。
178. Prop. A body is projected from a given point, in a given direction, with a given velocity, it is required to find where it will strike the horizontal plane passing through the point of projection....	第一款从某点将物抛出,以某速行于某线,求地平面上抛线界…… (说明:原文"给定速度、给定方向将物体从某点抛出……"译文只译了给定速度:"以某速行于……")	即求抛物体的射程。该款完整翻译了第178条。但直接用了"抛线界"即"range"。原文在这一小节之后解释了"range",《重学》省略了这一解释。

（续表）

原著	《重学》卷十一　论抛物之理	备注
Cor1. If t be any other time...	设时刻略小，令物在曲线上，过甲巳路……	即求任意时间内，物体水平位移和竖直位移。
Cor2. Let $t=\frac{1}{2}T$...	设时刻等于甲巳辛时之半……	即抛出时间是整个飞行时间一半时的水平位移和竖直位移。
Cor3. Let t be greater or less than $\frac{1}{2}$T...	设时刻小于半原时或大于半原时……	即求比一半时间小某段时间（m）的水平位移和竖直位移。m 为在抛物线顶点两端，到至定点的时间。
Cor4. It appears that for equal values m, whether they be positive or negative,...	寅｜若同，不论或正或负……	寅｜即 m，不论这一时间是正还是负，则水平位移和竖直位移为…… 这一条没有按照原文作为一个系（Cor.）。

从表 4-1-1 可以看出，结构体例上基本忠实于原著，逐条翻译，只是使用了不同的标题。内容上有适当的调整，如原著中的 177 小节在《重学》中没有作为对应的一款，原著中的系（Cor.）在《重学》中以“设……”的形式编排内容，原著中 Cor4. 在《重学》中没有作为单独的一条，而是作为一种说明的内容出现。类似这种对原著内容调整的情况在《重学》中非常普遍。

在动力学中，由于休厄尔强调动力学是一种归纳科学，因此，在动力学的内容安排中先是讲解实验、举例，然后归纳出运动定律，如关于牛顿第一运动定律，原文由三段内容通过实验解释第一运动定律，然后在第 111 小节得出：“因此，在这种情况下（无外力作用），物体将永远运动下去。”而《重学》没有按照原著的叙述顺序，直接以“动理第一例”把定律内容提前。其他 2 个运动定律也采取了同样方式。

《重学》以“款”安排内容以体现全书的结构，这种体例从明末清初第一次西学东渐就已经形成，《几何原本》、《奇器图说》等一直采用这种体例。

不过当时翻译的很多书中大多都有“凡例”①，即使是比较李善兰的其他译著，也不难发现多数都有凡例，如《续几何原本》、《代数学》十三卷本(1859)、《代微积拾级》十八卷本(1859)、《谈天》等，而《重学》则没有任何类似说明该书内容、结构以及一些特别注意事项的文字。从某种程度上来说，这一点也为理解该书的内容，以及后人研究李善兰及其译著造成了一定的困难。

二、《重学》翻译中内容的取舍与增补

1. 省略的内容

第一，大部分注释内容没有翻译，个别内容有调整。

《重学》翻译过程中除了前言、导论没有翻译之外，原著还涉及的大量的注释内容(见第三章)也没有翻译，但个别内容调整到了正文中。例如：

> “质点当静时有不肯动之性，当动时有不肯静之性，此力名质阻力，质阻力大小之比同于质大小之比。以质体绕轴言之。各点质阻力以离轴远近而异，与力加于直杆理同，但杆之实生动力等于力乘距定点线。而质体旋动之质阻力以质体乘距轴线方为率。此数名质阻率。各点质阻率并之为合体质阻率。”

这是原著讲到转动惯量的定义时的一段注释的内容，《重学》将其翻译并放入正文中。

第二，原著中提到的一些在力学方面的科学家及其贡献多数没有译出。

例如，原著中关于弹性碰撞的内容中，注释中用了大量的篇幅讲述了历史上的弹性体实验和当时关于弹性体碰撞问题的分歧等。另外，还解释了什么是非弹性体，以及关于非弹性体的相关的研究进展。这些内容都未译出。

另外，正文中涉及到科学家的贡献或以某一科学家命名的定律时，《重学》也没有按原著翻译，多数将人名略去。例如，卷十三“论动体绕定轴之理”中，“凡诸力生动于合质体在各处所减动力必相抵定”。原著在这之后

---

① 书的宗旨、内容、体裁、结构以及编写中一些基本问题的规定或说明。简言之，就是说明该书的宗旨、内容和编纂体例的文字。

有“上述定理称做达朗贝尔原理”,《重学》在翻中没译这段话,并且也没有提到达朗贝尔。类似的现象比较普遍。又如,卷十六“论诸器利用”中,在给“机械利益”(efficiency)下定义时,原著讲到了吉尔伯特(D. Gilert, 1767—1839)对此进行了定义,译文中没有提到吉尔伯特,只译作:“凡以器作工者器之抵力乘路恒等于所加抵力乘所过之路,为工作之能率。”再如,卷十六“论诸器利用”中,原著中给出瓦特(J. Watts, 1736—1819)、吉尔伯特测量的热功当量数据,译文中也没有提到这两个人。

第三,对内容的简化。

通过内容的调整对原著的叙述做了简化,一种是省略了原著中对概念或某一问题的解释,例如表4-1-1中178小节,翻译时直接使用“抛线界”,并省略了对该概念的解释。再如原著11小节,“杠杆可以绕一点旋转的点,或转动中心叫支点。杆上支点和力的作用点之间的距离叫力臂。当力臂在一条直线上叫做直杆;否则叫曲杆”。对应的译文为“杆以铁或坚木为之……有直杆有曲杆。杆之理为线上有定点、有重点、有力点”。译文中没有翻译力臂、直杆、曲杆的定义。

有的则是大段省略,例如,卷十六“论诸器利用”中,删掉了原著中的大段对增加有用功、减少无用功的说明的内容。卷十七“论相击抵力之理”中,在第一款之前也有大段关于证明动量定理的方法的文字没有翻译。有些原著中推导、解释的内容,译文中放在括号中,或以小号字附于文后。

还有一种情况就是省略了原著中的例题,如卷二“论并力分力”中,用共点力的平衡方法解决力的合成与分解问题时,原著设置了7个例题,《重学》翻译了前5个,省略了2个。

上述类似的情况还有一些,不再赘述。

2. 增加的内容

李善兰在翻译过程中,从中国读者的情况考虑增加了传统数学内容、增补了一些复杂问题的实例、对个别问题增加了一些解释。

增加了传统数学内容,如天元术,另外还增加了一些注释,以“善兰案”的形式出现。例如,

“第一卷第五款”,用到三角函数求解杠杆平衡问题时,有“善兰案:甲丙乙为锐角,则余弦为正,若为钝角则余弦为负,午为正则乘正得正,乘负

得负，午为负则乘正得负，乘负得正……"

"第一卷第六款"的处理多个力作用于杠杆的杠杆平衡问题时，由于要用到代数学的知识，李善兰为便于理解，增加了注释："善兰案：此书立术俱用代数法，向未翻入中土，恐读之卒难明晰，故间入天元一二条，欲学者因此而通彼也。" 这里的"此"和"彼"分别指天元术和代数学。

卷四"论诸器合力"增加了注释："善兰案：此款中曲杆、斜面、劈三条皆言微动，窃为曲杆动时，力重比例及力速比例处处不同，故当论微动。总论中所谓路参差无定比例，分路为诸微路之比同于诸微速之比是也，若斜面与劈，力方向不变，比例亦不变。初不必论微动，亦云微动者以力方向变言之耳，恐学者生疑，故详辨之。"

在卷十二"论物行于曲线之理"中，附摆线四款，并注明"从别书移至此处"。

卷十六"论诸器利用"，讲到物体运动的牵引力与摩擦力关系时，指出："器或不平，动速有增减，木盘有阻力故也。必另造玉衡两车相连，用时一上一下，则水泉涌出，力少功倍矣。"并注明"见《奇器图说》"。

在该卷"论风气力"部分中注释到："风气之力有二，一涨力，如风枪不用火药用风气涨力，故放时无声，一动力。"之后讲到："如西国煮肉器著于火前，器中有巧机，风感于火生动于机，令肉四面旋转，用风气动力也。"此段关于"西国煮肉器"的文字也为译者所加。原文只提到 smoke-jack，译者对此做了解释。

综上所述，译文中对一些涉及力学史、概念和解释说明的文字有省略，增加了一些译者认为读者阅读有困难的解释性文字。

三、《重学》的符号翻译

前面已提到，《重学》的底本 *Mechanics* 最初是剑桥大学为实践数学教学改革而编写的力学教科书，其目的是通过实际力学问题的应用引入分析数学，因而该书有很强的数学著作的特征。数学符号的表达与翻译也成为《重学》翻译中十分重要的问题。

数学符号是用来记录数学概念、命题和演算的，有了数学符号，才能够准确、清晰地表达某种数学概念或逻辑关系，能够快速、简洁地进行演算。19 世纪初，英国的数学改革运动中有一部分内容就是强调数学符号的重

要性，改革的起点即是引进莱布尼兹的微分记号来代替牛顿以力学为背景的流数记号，《重学》的原著 *Mechanics* 正是在这样的背景下编写的。*Mechanics* 涉及了当时较为先进的数学符号。

中国传统数学的书写形式、计数符号、运算符号等都不同于西方。尽管明末清初西方数学著作初次传入时已有西方数学符号的翻译与使用，但是随着时间的推移，对当时引进的数学符号也有不同的认识。如何翻译西方的数学符号，需要做出怎样的选择，仍然是《重学》译者面临的重大问题，因为它关系到译著被理解与接受的程度。因此，在这里有必要简要回顾中西方数学符号的演变及使用情况，厘清《重学》符号翻译的背景，在此基础上讨论《重学》的符号翻译，以理解《重学》在符号翻译中的特点。

1. 西方数学符号简史

数学符号翻译大致有如下几种类型：

(1) 对象符号，如自然数的记号：1、2、3、4……，超越数的记号 e、π 等；

(2) 运算符号，如算术运算符号＋、－、×、÷，开方符号 $\sqrt{\ }$，微分符号 dx，积分符号 $\int$，三角函数符号 sin、cos 等；

(3) 关系符号，涉及研究对象关系的，如＝、＞、＜等；

(4) 辅助符号，如表示算术中运算先后顺序的符号（　）、[　]、{　}等①。

现在，国际通用的数码称为阿拉伯数码，最初是印度人用梵文字头表示，773 年先介绍到阿拉伯国家，后又传到欧洲，前后经过 1 000 多年的演变，才形成了现在的数码。

运算符号、关系符号和辅助符号从 15 世纪末开始引入中国，经过 300 多年的传播、使用形成了现在通用的符号。力学著作中主要使用的符号的形成情况，如表 4-1-2 所示。*Mechanics* 中基本采用这些符号。

① 查永平. 中西数学符号之比较与不同结局[J]. 科学技术与辩证法，1998(6)：39—43.

表 4-1-2　各种数学符号形成的情况

符号	含义	始创者	时间
+、−	加、减号	维德曼(J. Widman)	15 世纪末
×	乘号	奥特雷德	1631
÷	除号	朗恩(H. Rahn)	1659
a^1, a^2, a^3	幂指数	牛顿	1676
$\sqrt{\ }$	开方	鲁道夫(C. Rudolff)	1525
sin	正弦	欧拉	1743
cos	余弦		1743
tan	正切		1753
dx	微分	莱布尼兹	1684
$\int$	积分	莱布尼兹	1686
$\sum$	求和	欧拉	1755
x, y, z	变量	笛卡尔	1637
=	等于	雷科德(R. Record)	1577
>、<	大于、小于	哈里奥特(T. Harriot)	1631
( )	圆括号	塔塔利阿(N. Tartaglia)	1556
[ ]	方括号	邦伯利	1550
{ }	大括号	韦达(F. Viete)	1593

2. 中国引进西方数学符号的历史

中国的算术从西周开始采用筹算。算筹是古代数学家长期使用的计算工具。用算筹按一定的方式摆放可以很方便地表示任意自然数，并用以进行四则运算。算筹表示 1—9 等 9 个自然数有纵横两种。通过算筹的纵横交错，以及用空位表示"○"，就可以表示任意的自然数。例如，5 803 用算筹表示就是"≣Ⅲ ≡"。还可以表示分数、负数、一元方程、线性方程组和多元高次方程组①。

① 郭书春. 中国科学技术史：数学卷[M]. 北京：科学出版社，2010：107.

由于中国传统数学以文字叙述为主，运算符号非常少，除上述用算筹表示的算式之外，其他的运算，如加、减、乘、除、比例、乘方、开方等都不涉及符号。例如，《九章算术》中有比例问题：

"今有术曰：以所有数乘所求率为实，以所有率为法，实如法而一。"

用现在的算式表示，即所有数＝(所有数×所求率)÷所有率。

亦即设：$A:B=a:b$，则 $B=Ab\div a$①。

当西方数学传入之时，西方的某些数学符号也随着数学译著传入。《同文算指》(1614)是由李之藻和利玛窦共同编译而成，是明末最早介绍欧洲笔算数学的著作。但是《同文算指》编译时期，西方的数学符号仍然处于发展中，因此《同文算指》虽然介绍了加、减、乘、除四则运算，如图4-1-1、图4-1-2所示②，但没有涉及"＋"、"－"、"×"、"÷"等符号。《同文算指》中用汉字代替了阿拉伯数码。另外，其中的算式的书写方式按西方书写习惯采用从左到右的横写，但文字还是竖书。除四则运算之外，《同文算指》中还介绍了分数和比率等内容，分数的表示方法是分母在上，分子在下，如图4-1-3所示，比率的表示方法是第一率比第二率等于第三率比第四率，如图4-1-4所示。



图 4-1-1 《同文算指》书影(加法，2338页)



图 4-1-2 《同文算指》书影(除法，2349页)

① 郭书春. 中国科学技术史：数学卷[M]. 北京：科学出版社，2010：33.

② 靖玉树. 中国历代算学集成：中[M]. 济南：山东人民出版社，1994.


欽定四庫全書
同文算指前編卷下
明 李之藻 撰
奇零約法第六
凡數除之不盡者以法命之曰幾分之幾除數爲母法
列上奇數爲子實列下
假如列實四十六以七爲法除之尚餘四是謂七之四
餘倣此
列位式
七/四 九七之四
五/三 九五之三
八/五 四/二 九四十八之二十五
若奇零有二項辨其孰多孰寡以子母二數互乘母數
相同則但據子數
七/三 九少
七/四 九多

图 4-1-3 《同文算指》书影(分数,2357 页)


假如米六十石足支五月今問有米一百三十二石足
支幾月 此以六十石爲一率五月爲二率今有一百三
十二石爲三率以與二率相乘以第一率六十除之
第一率 六十石
第二率 五月 以五乘一百三十二得六百六十數乃以六十除之得一十一
第三率 一百三十二石 十一月
第四率 一十一箇月
右試法二率三率相乘如前卻以第四率除之仍得第
一率則所推不誤
又論轉第三率爲第一率第四率爲第二率卻以第一
爲第三如前二五乘之以一除之所得第四率必合第
二率
第一率 二十貴 一百三十二石
第二率 六十斤 十一月
第三率 四貴 六十石
第四率 十二斤 五月

图 4-1-4 《同文算指》书影(比率,2377 页)

《数理精蕴》(1722)是一部综合西方传入中国的数学知识的著作。可能因为受到传教士的影响,该书中出现了关系符号和运算符号。其中,四则运算、比率、分数等表示方法与上述《同文算指》相似,乘除法在竖式的书写上略有差别,但是加减法有了恒等的算式,也开始使用“+”、“-”、“=”

等符号，但是这些符号形式上与我们现在使用的还是有差别的，加号用“丄”表示，减号用“———”表示，等号用“═══”表示，如图 4-1-5 所示①，图中的算式相当于：

$$x^2+36=13x,\quad 36+x^2=13x,\quad x^2=13x-36,\quad 36=13x-x^2。$$

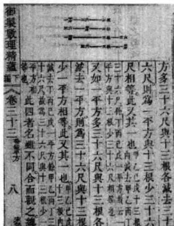

御製數理精蘊 下編 卷三十三 八
方多三十六尺與十三根各減去三十
六尺則爲一平方與十三根少三十六
尺相等。此又其一也。
又如一平方多三十六尺與十三根各
減去一平方則爲三十六尺與十三根
少一平方相等。此又其一也。
此四者名雖不同合而觀之。總
等也。

图 4-1-5 《数理精蕴》书影(加、减号，3—996 页)

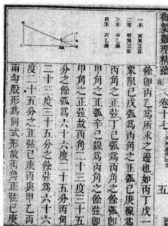

御製數理精蘊 下編 卷十七 五
餘卽丙乙爲所求之邊也。如丙丁戊一
象限己戊弧爲丙角之正弧己庚線爲
丙角之正弦。丁己弧爲丙角之餘弧卽
甲角之正弧。辛己線爲丙角之餘弦卽
甲角之正弦。故丙角二十三度三十五
分之餘弧爲六十六度二十五分丙角
二十三度三十五分之餘弦爲六十六
度二十五分之正弦。己庚丙與甲乙丙
兩勾股形爲同式形故丙角正弦己庚

图 4-1-6 《数理精蕴》书影(正弦，3—581 页)

这些符号在后来的使用中，形式上有所改变，如罗士琳(1774—1853)把加号改为⊥，其他仍旧。刘衡(1776—1841)又把减号改为⊤②。《数理精蕴》及其以前的著作中大量使用三角函数，但是没有使用符号表示，而是汉字“某角正弦、余弦、正切、余切”，如图 4-1-6 所示。

至于图形中的位置的表示方法，在中国传统数学中有用字指代的事例，如《九章算术》刘徽注③中就是“黄”、“青”、“朱”、“甲”、“乙”、“丙”等字，与刘徽同时代的赵爽也用同样的表示方法，但是那些字是用来表示面积的，不是表示一个点的。元朝李冶《测圆海镜》中的“圆城图式”，就用“天”、“地”、“日”、“月”、“山”、“川”、“泉”、“旦”、“夕”、“东”、“西”、“南”、“北”、“朱”、“青”以及八卦诸名表示各个交点。金元时代，表示天元多项式的名称又有“天”、“地”、“人”、“鬼”、“上”、“下”、“高”、“低”、“明”、“暗”……等不

① 郭书春. 中国科学技术典籍通汇：数学卷三[M]. 郑州：河南教育出版社，1992：996.
② 查永平. 中西数学符号之比较与不同结局[J]. 科学技术与辩证法，1998(6)：39—43.
③《九章算术》刘徽注。参见：靖玉树. 中国历代算学集成[M]. 济南：山东人民出版社，1994：70，149—153.

同的用字[①]。整体而言，用字无统一规范，各行其是，而且大多数情况下不用文字表示图形中的点[②]，如《杨辉算法》及明朝的大批著作中都涉及到大量几何图形，但很少使用文字来指代。明末清初，徐光启翻译的《几何原本》规范了用字指代的方法，即“凡图，十干为识；干尽，用十二支；支尽，用八卦、八音”[③]。“十干”，即甲、乙、丙、丁、戊、己、庚、辛、壬、癸；“十二支”，即子、丑、寅、卯、辰、巳、午、未、申、酉、戌、亥；“八音”，即金、石、丝、竹、匏、土、革、木；“八卦”，即乾、坤、坎、离、震、艮、巽、兑。

3.《重学》的符号翻译[④]

《重学》(1859)与《代数学》(1859)、《代微积拾级》(1859)是同时翻译的著作，译者都是李善兰。因此，《重学》中的符号基本与上述2部数学著作相同。《重学》所用符号如表4-1-3所示。

表4-1-3 《重学》常用的符号翻译

	Mechanics	《重学》
阿拉伯数字	1,2,3,4…	一、二、三……
加、减号	+、−	⊥、⊤
乘号	×	×
等号	=	═══
圆周率	π	周
幂指数	$a^1,a^2,a^3\cdots$	甲^{一}，甲^{二}，甲^{三}……
开方	$\sqrt{a},\sqrt[2]{a},\sqrt[3]{a}\cdots$	√甲，^{二}√甲，^{三}√甲……
正弦	sinα	角$_{弦}^{正}$
余弦	cosβ	亢$_{弦}^{余}$
正切	tanγ	斗$_{切}^{正}$
微分	dx	彳
积分	∫	禾
求和	Σ	禾

① 李冶《测圆海镜》。参见：靖玉树.中国历代算学集成[M].济南：山东人民出版社，1994：986.

② 郭静霞.明译《几何原本》确定数学术语的方法与原则初探[D].呼和浩特：内蒙古师范大学，2008：12.

③ 参见：利玛窦、徐光启译《几何原本》卷一首第一页。

④ 这部分内容据1867年美华书馆本《重学》。美华书馆本和金陵书馆本的符号使用不同。

上述介绍表明,《重学》的符号翻译原则如下:

第一,《重学》中使用了明清时期已有的符号的表示方法。例如,加、减号:分别为"⊥、⊤";分数:实居下,法居上,即分母在上,分子在下,分数线居中;三角函数:"某角正弦"等;比例:一率、二率、三率、四率,一率比二率等于三率比四率。

第二,引进了一些西方的符号,并结合中国传统的书写方式有所改写。例如,将 a^1,a^2,a^3……改写为甲^一,甲^二,甲^三……将$\sqrt{a}$,$\sqrt[2]{a}$,$\sqrt[3]{a}$……改写为$\sqrt{甲}$,$\sqrt[二]{甲}$,$\sqrt[三]{甲}$……等。

第三,创译了一些新的符号。例如,微分(彳)、积分(禾)、求和(禾)等。

第四,借鉴了明清时期的表示方法,但有所改变。例如在《重学》中,李善兰和艾约瑟用中国传统的"甲、乙、丙、丁等十干,子、丑、寅、卯等十二支,物、天、地、人"与 26 个英文字母 A、B、C、D…K、L、M、N…W、X、Y、Z 对应,如表 4-1-4 所示。

表 4-1-4 《重学》中英文字母对应的汉字

英	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
汉字	甲	乙	丙	丁	戊	己	庚	辛	壬	癸	子	丑	寅
英	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
汉字	卯	辰	巳	午	未	申	酉	戌	亥	物	天	地	人

同样是用"干支"代替英文字母,李善兰与徐光启不同的是"干支"用尽时没有使用"八卦"、"八音"而是用"物、天、地、人"补齐 26 个英文字母。《重学》原著中也使用到了希腊字母,译著中用中国传统的 28 宿名与希腊字母相对应,如表 4-1-5 所示。不过,在字母对应方面有 2 处是错序的,即"天、地、人、物"分别与 X、Y、Z、W 对应,以及"牛、斗"与 θ、ι 对应。

表 4-1-5 《重学》中希腊字母对应的汉字

希腊	α	β	γ	δ	ε	ζ	η	θ	ι	κ	λ	μ
汉字	角	亢	氐	房	心	尾	箕	牛	斗	女	虚	危
希腊	ν	ξ	o	π	ρ	σ	τ	υ	φ	χ	ψ	ω
汉字	室	壁	奎	娄	胃	昴	毕	觜	参	井	鬼	柳

另外,《重学》还用上述汉字符号旁加"|"、上面加"′"等方法来表示对应的小写字母,同时用如"寅₋"、"寅₌"、"寅≡"等下脚标表示图中对应的不同位置等等。例如,力学中的几个物理量的对应关系:M 对应"寅",质量 m 表示为"寅| ";V 对应"亥",速度 v 表示为"亥| "。还有时间 T 用"酉"表示,W 对应"物"等等。

这些字母与汉字的对应关系不仅反映在《重学》插图上,同时也反映在具体的算式中。

下面是《重学》与 *Mechanics* 中使用字母的一些例子。

例如,图 4-1-7 引自《重学》卷十三"论动体绕定轴之理",即 *Mechanics* Ⅵ Motion Upon A Fixed Axis 中的图(图 4-1-8),其中的字母—汉字的对应关系为 C—丙,F—己,f—己|,a—甲|等等①。



图 4-1-7 《重学》(美华本)

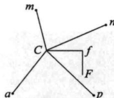


图 4-1-8 *Mechanics*(1836)

又如,卷十三"论动体绕定轴之理"的转动惯量公式,

Mechanics 中为 $k^2\sum m=\sum(m\cdot Cm^2)$。

《重学》中译为 子|⁼禾寅| =禾(寅| ×丙寅|⁼)。

又如,三角函数的表达,*Mechanics* V The Motion of Projectiles 中的关于抛体运动的射程公式为

$$R=\frac{2v_0^2\sin\beta\cos(\alpha-\beta)}{g\cos^2\alpha}。$$

《重学》卷十一"论抛物之理"译为

$$\text{抛界}=\frac{\text{地力}}{\text{二速}^{二}}\times\frac{\text{角}\,\text{余弦}^{二}}{(\text{角丅斗})\,\text{余弦}\,\text{亢}\,\text{正弦}}。$$

《重学》符号翻译基本上是中西结合的结果,即在引进西方符号的同

① 更详细的比较参见本章的内容。

时，兼顾了中国传统的表达方式。从明末清初到清末《重学》符号翻译的这段历史来看，西方符号的引进是逐步完成的，且符号的形式也是随着使用及时间的推移逐步变化、逐步趋向现代表达。这一点，从《重学》之后的译著中体现得更加突出。

四、《重学》翻译的本土化特征

《重学》虽然是一部译著，但《重学》的形式及其相关内容则体现了晚清中国传统文化的特征。图 4-1-9 和图 4-1-10 是《重学》和 *Mechanics* 中关于"重心"计算的两页完整的书影，二者整体上差别较大。从排版、书写形式、符号以及物理学单位等各方面都使得《重学》一书带有非常鲜明的晚清科学著作特色。这一特色也成为这一时期中国科学著作中非常独特的一部分。

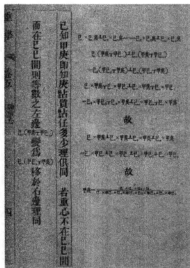

已知甲庚即知庚點質點任多少理俱同　若重心不在巳巳間
而在巳巳間則等數之左邊……變爲……移於右邊理同
故
故

图 4-1-9 《重学》书影

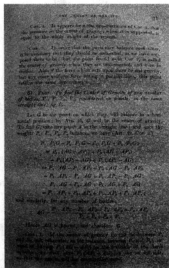


图 4-1-10 *Mechanics* 书影

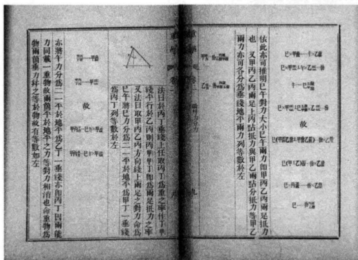
从内容和整书所体现的思想而言，《重学》与原著相比也有一些差别。《重学》翻译的社会背景与 *Mechanics* 成书的社会背景完全不同，所以两书分别要体现的功用与目标差异也非常大。*Mechanics* 的宗旨一方面要使力学从数学中独立出来，使力学成为一门独立的学科，而不是"混合数学"的一部分或是"数学物理学"。另一方面，就是休厄尔在书中要体现科学发

现的逻辑，亦即主张力学研究的方法：演绎法和归纳法。《重学》没有完全体现上述两方面，《重学》所要表达的是一种实用思想，这一点从《重学》的序、跋以及内容的选择上都有明确的体现。例如，在序、跋中主张的“考天制器皆用重学”，是把重学放在一个“用”字为先的地位上。在这样的思想指导下，《重学》重视具体知识的“有用性”，因此导论和正文中的力学概念以及相关力学史的一些内容被省略，似乎就不难理解了。另外，就是把《重学》置于“强国、救国”的一种目标中。显然，像《重学》这样的一部普通的力学著作不堪重负，不能完成其“伟大使命”。

《重学》中西文字母和代数符号的表达方式，对晚清的影响较大，《格物入门》、《格物测算》主要沿用了这种表达方式，19 世纪 80 年代的《算学课艺》仍然使用了这种表达方式，直到 20 世纪初的《物理学》基本上也采用了这种表达方式，如《物理学》中的匀变速运动的位移公式：

路＝速$'$·时丄$\frac{二}{未}$·时^{二}。（该式相当于 $s=vt_0+\frac{1}{2}gt^2$）

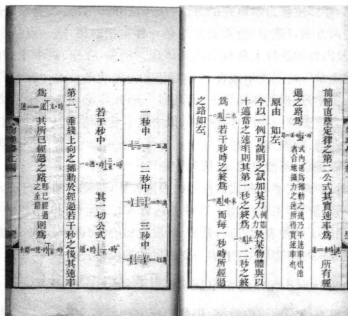
此处仍然没有使用阿拉伯数字，仍然用汉字代替英文字母，只是把原来用以对应英文字母的“干支”直接换成了表示路程、速度、时间的汉字；同样使用了“丄、丅”来表示加、减；而且同样使用了分子在下、分母在上的分数表达方式。



依此亦可推明巳午對力大小巳午兩力即甲丙乙丙兩足抵力
也　又甲丙乙丙兩足上丙點抵力與甲乙兩點分抵力等甲乙
兩力亦可各分爲垂綫地平兩力列等數於左
故

法曰於丙丁垂綫上任取丙丁爲重之率作丁甲
綫平行於乙丙則丙甲甲丁即爲兩足抵力之率
又法曰取甲丙乙丙方向綫上兩足之對力命爲
巳午將巳力分爲二一平於地平爲甲丁一垂綫
爲丙丁列等數於左
故
亦將午力分爲二一平於地平爲乙丁一垂綫亦即丙丁因兩能
力同載一重物故兩箇平於地平之力等對力相消也命重物爲
物兩箇垂力幷之等於物故有等數如左

图 4-1-11 《重学》书影


前節直墜定律之第二公式其實速率爲　所有經過之路爲

式內速爲擲動之速，乃平速率也；速者合地攝力之速所得實速率也。

原由　如左。

今以一例可說明之，試加某力（例如人力）於某物體與以十邁當之速率，則其第一秒之終爲　二秒之終爲　若干秒時之終爲　而每一秒時所經過之路如左。

一秒中

二秒中

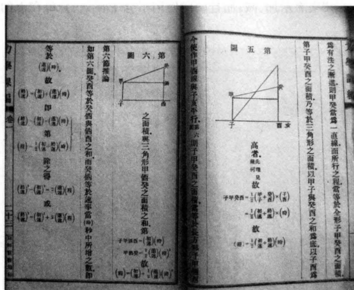
三秒中

若干秒中

其一切公式

第二，垂綫上向之擲動於經過若干秒之後其速率爲　其所已經過之路（即已經過之全路）則爲

图 4-1-12 《物理学》书影


爲有洼之漸進，則甲癸當爲一直線，而所行之程，當等於全形子甲癸酉之面積。

第子甲癸酉之面積，乃等於三角形之面積，以甲子與癸酉之和爲底，以子酉爲高者。（此幾何學理見）

故

故

第五圖

今使作甲酉線與子亥平行，（第六圖）則子甲癸酉之面積，當等於長方形子甲

之面積，與三角形甲酉癸之面積之和。第

故

第六圖

第六節推論

如第六圖，癸酉等於癸酉與酉酉之和，而癸酉等於速率當（時）秒中所增之數，即

等於

故

即

第

除之得

或

图 4-1-13 《力学课编》书影


$s = v_0 t - \frac{1}{2}gt^2$ ……(10)

$v_0^2 - v^2 = 2gs$ ……(11)

此 v、s 於測向上之運動爲正號。

此式中之 v 由 t 之大小而或成零或成負。如 $t = \frac{v_0}{g}$ 則 v 爲零，t 若比是更大則 v 成負矣。其理蓋因動體在 $\frac{v_0}{g}$ 秒之際必已達於最高之處（其高係準(10)式爲 $\frac{v_0^2}{2g}$）而其後則反向下墜也。

問一 此條所舉之上昇物體試就其 s 論之。

問二 有石由橋上落下經二秒四而達水面，問此橋之高幾何。

問三 以每秒五米之速度向上擲石，則此石可達若干高，又於幾秒之後墜至地面。

問四 下墜物體於各秒間所經過之距離爲一等差級數，試證之。

三一 阿脫胡特器 墜體之加速度頗大，故其速度之變化甚急，難以直接見其變化。阿脫胡特器可使墜體之加速度減小，故易察其下墜速度之變化。如

第七圖之 P、Q 爲繫於絲之兩端之重錘二箇，而絲挂於輪上，以減摩擦。今如 P 比 Q 重，則 P 下墜而引 Q 上行，此際其加速度 a 必比 g 小。

蓋此 P 與 Q 之間所受之力，如命爲 T，則據運動之第三定律，而 P 引 Q 之力爲 T，Q 阻 P 下墜之力亦爲 T。故其引 P 下行之力爲 Pg − T，其引 Q 上行之力爲 T − Qg。更據運動之第二定律得式如下。

$Pg - T = Pa$

$T - Qg = Qa$

$\therefore a = \frac{P-Q}{P+Q}g \quad T = \frac{2PQ}{P+Q}g$ ……(12)

若 P 與 Q 之質量相差甚小，則加速度 a 亦甚小，即易察其下墜速度之變化。又可了解前節所舉之諸式。

問 P 爲二十五克，Q 爲二十四克，由靜止下墜經三秒時，問 P 下墜之

近世物理學教科書 卷二 六 京師官書局印

图 4-1-14 《近世物理学教科书》书影

1906 年出版的《近世物理学教科书》完全采用了现代的表达方式(见第一章)，而同年出版的《力学课编》中虽然一些表达已经接近现代的表达，如采用了阿拉伯数字，使用现在的加、减号，使用了分母在下、分子在上的分数表达方式等，但是仍然带有《重学》表达方式的痕迹；插图中仍然使用甲、乙、丙、丁等汉字表示，在力学公式中仍然没有使用西文字母，而是使用了相应的汉字；与《重学》、《物理学》不同的是，使用了与力学概念相对应的汉字，而且部分将原来的单音节字变成了力学概念。例如，加速度(进速)的公式表达成为

$$\begin{matrix}\text{进}\\\text{速}\end{matrix} = \frac{\left(\begin{matrix}\text{终}\\\text{速}\end{matrix}\right) - \left(\begin{matrix}\text{初}\\\text{速}\end{matrix}\right)}{\text{时}}。$$

从上面《重学》、《物理学》、《近世物理学教科书》和《力学课编》的变化能够看到《重学》一书表达方式的影响及其变化过程。(图 4-1-11 至图 4-1-14)

西方科学中的符号、计量单位等在中国引进、传播的过程，也在某种程度上反映了西方科学在中国被接受的过程；反映了西方科学在中国近代化的历程；也反映了中西科学文化在交流与碰撞过程中，中国科学由传统逐渐向近现代过渡的过程。《重学》用中国人能够接受的符号传达一种陌生的知识，这些表达方式为中国人易于接受西方科学起到了一个桥梁的作用。

第二节 《重学》的术语翻译

译书的最困难之处，在于确切表达科学概念和名词术语。关于名词术语的翻译问题，在明末清初西学传播时期，由于翻译西书的数量较少，术语问题不是很突出，也没有引起足够的重视。鸦片战争之后，随着时间的推移和译著数量的增多，译名之间出现混乱，对知识的传播与理解产生了严重的影响。

1877 年，在华新教传教士举行大会，成立"学校教科书委员会"（School and Text-book Series Committee，中文名称为"益智书会"）。该委员会在编译教科书的同时，提出科技术语的翻译必须注意的事项①。1880 年，在上海江南制造总局翻译馆，译书的中外学者深知译名的困难和重要，在反复商议之后大致确定了 3 项规则②。在华新教传教士于 1890 年再次举行大会，专门就名词术语问题进行了讨论。中国科技术语的翻译方法与定名原则，在 19 世纪下半叶逐渐确定③。这些科技术语的翻译方法和定名原则是在几代人的共同努力下，在翻译实践中总结出来的，尤其是最早创译的一些术语词汇，尽管现在可能有的已经退出历史舞台，但是这些科技术语的译者对现代科技术语翻译方法的探索所做出的贡献是不容忽视的，而且从当时首创的一些术语的研究中可以看到当时人们对这一学科的理解。

由于很多知识是由《重学》首次传入，因此，很多力学术语是《重学》首次用汉语表达，这对于不是物理学家的李善兰和艾约瑟而言无疑是巨大的挑战，他们对一些力学概念、术语采用了什么样的翻译方法，《重学》中概念、术语的翻译的方法与《重学》之前的译著和《重学》之后的译著有何区别，《重学》创译了哪些术语，创译的力学概念是否准确，这些术语流传的程

---

① 狄考文(Calvin Wilson Mateer，1836—1908)在讨论教科书时曾撰文指出，科技术语的翻译定名必须注意术语应简短，不必要求从字面上准确反映其定义或说明其含义；术语应能便于使用并适用于各种场合；同类术语应能相互协调一致；术语应准确界定，新译名词应赋予确切定义。

② 傅兰雅. 江南制造总局翻译西书事略[J]. 格致汇编：1880，卷五至卷八.

③ 王冰. 我国早期物理学名词的翻译及演变[J]. 自然科学史研究，1995(3)：215—226.

度如何，存在哪些问题，这些术语对中国物理学名词的审定起到了什么样的作用？

一、《重学》术语的翻译方法

明末清初，部分静力学知识已经传入。《重学》中的静力学术语大部分沿用了明清时期已有的术语，如重学、力、能力、人力、马力、水力、风力等，机械术语，如柱、梁、架、轴、轮、杠杆、齿轮、平轮、水轮、风轮、辘轳、滑车、索等。其中一些术语虽然字面上使用了上述名词，如重学、能力、力等，但在《重学》中其含义已经发生了变化，具体情况将在后述。

另外，也有一些明清时期的术语在《重学》中被淘汰，如藤线（螺旋线），揭杠、挑杠、提杠[①]，垂线球仪（单摆）等。

《重学》的术语翻译、表达方法基本是选择能够揭示原词含义的字组成新的中文术语。其中一种是选择相应的单词直译组成新的复合词，如直杆（straight lever）、曲杆（bent lever）、力点（point of power）、重点（point of weight）、平速动（uniform motions）、纯光（perfectly smooth）、渐加力（accelerating force）、重速积（mv，动量）、质距积或重距积（moment，力矩）、质点（material particle）、质面（material surface）、动力（moving force）、长加力（constant pressure）、朒凸力（imperfectly elastic，非完全弹性）、实力[effective (moving) force，主动力]、加力[impressed (moving) force，约束力]等。另一种就是用几个字组成，解释概念成为新译名，如静重学（statics），动重学（dynamics），定距线或离心直角线（arm），渐加力率（acceleration），工作之能率（efficiency）、阻滞力（resistance），面阻力或磨力（friction），不肯动性或质阻力（inertia）、凸力（the force of restitution，elasticity）、作工或程功（perform work）等。

需要强调的是，《重学》术语翻译过程中，有一个明显的特征是利用了中国传统数学中的一些词，如"朒"、"率"等。朒，是不足的意思，在中国传统数学中有"盈朒法"；率，是一定的标准和比率，中国古代指数量之间的一定关系。刘徽《九章算术 · 方田》经分术注云："凡数相与者谓之率。"分数的分母与分子、圆的周长与直径等，以至线性方程的行，都是率关系。刘徽

---

① 3种杠杆：支点分别在中点和两侧。

视之为“算之纲纪”。《重学》在翻译力学概念时大量使用了“率”，如地心渐加力率(重力加速度)、凸力定率(弹性系数)、面阻力定率(摩擦系数)等，以此表示一些物理学常数。还有一些“率”表示单位时间的物理量，如渐加力率(加速度)表示单位时间速度的变化量、动力率(冲力)表示单位时间动量的变化量、工作之能率表示单位时间的功。

由此可以看出，《重学》的翻译方法和特点基本是沿用已有的力学术语；选择能够揭示原词含义的字直译组成新的力学术语；用几个字解释新概念成为新的力学术语。这种翻译方法是翻译实践中最可行的一种方法，与明末清初的翻译方法[①]相似，后期江南制造总局的定名规则也基本在此基础上形成。《重学》在力学概念的翻译中的最大特点是选择了中国传统数学中“率”的概念，以此表达力学中与某些物理量有某种比率关系的概念。

二、《重学》涉及的力学术语

《重学》涉及的力学术语中，机械类术语明末清初已有，基本上采用旧译，对于摩擦力、力的合成、力的分解等词，以及动力学名词而言则完全是新译。在1867年重刊的《重学》中附有Vocabulary of Technical Terms，即“专业术语表”(以下简称“术语表”，图4-2-1)。

该表130个术语，涵盖了《重学》中大部分主要术语名词，其中包括了一些非力学术语名词，如锅(boiler)、原角(angle of incidence)、回角(angle of reflection)、水路(canal)、强(compel)、缩(condense, condensation)、冷化器(condensing engine)、曲柄(crank)、环心(crown of arch)、空圆柱(cylindrical box)、运水器(pump)、打椿器(pile driver)等。也有一些典型的力学术语没有包括进来，如力(能力)、直杆、曲杆，以及表示作用力、反作用力和平衡力的术语，如本力、对力、抵力。还有一些表示物理学常数的术语，如地心渐加力率或地力(重力加速度)、凸力定率(弹性系数)、面阻力定率

① 《奇器图说》中对术语的处理方法：机械及其零件名称多来自中国的传统技术。对于比较理论化的术语，邓玉函与王徵以4种方式来处理：一是选择能够揭示原词含义的字组成新的中文术语(如杠杆、飞轮)；一是采用含义相同或相似的来自中国知识传统中的术语(如力)；一是选取传教士的中文翻译著作中已给出的术语；一是对于人名等特殊名词，采取音译方式。参见：张柏春，田淼. 传播与会通——《奇器图说》研究与校注[M]. 南京：江苏科学技术出版社，2008：279.

(摩擦系数)等也未涉及。



VOCABULARY OF TECHNICAL TERMS.

图 4-2-1 《重学》美华本“专业术语表”书影

“专业术语表”是 1867 年重刊《重学》时由伟列亚力所加，该表没有完整反映《重学》和 *Mechanics* 的术语情况，这里我们重新梳理了《重学》与 *Mechanics* 中涉及到的名词术语，形成表 4-2-1 并作为“专业术语表”的补充。表 4-2-1 重点整理了表达力学概念的术语，其中未加 * 号的为“专业术语表”中已有的术语，加 * 号的为分别从《重学》和 *Mechanics* 中摘出的译名。

另外，在《重学》与 *Mechanics* 对比的基础上发现，《重学》的“专业术语表”中个别术语与原著和译著有出入。主要有两种情况：

一是，《重学》中汉译名有两个或两个以上者，“专业术语表”中只列出一个，如“加速度”一词在《重学》中译作“渐加力”，亦作“渐加力率”，但表中只列出了前者，而没有列出后者。又如，“约束力”只列出“实抵力”，而未列出“加力”；“惯性”只列出了“不肯动性”，未列出“质阻力”等。还有对非完全弹性碰撞的翻译中，《重学》使用了中国传统数学的“朒”字，将非完全弹性的力译为“朒凸力”，而对照表中只有“不全凸力”，如表 4-2-1 第一列。

二是，*Mechanics* 也有一个概念的多种表达的情况，“专业术语表”中也只列出一个。例如，列出了表示加速度的 acceleration 而没有列出 accel-

erating force。又如，列出了表示约束力的 effective pressure，而没有列 impressed (moving) force。如表 4-2-1 第二列。

表 4-2-1 《重学》中的力学名词术语

《重学》	*An Elementary Treatise on Mechanics*	现在含义
* 地心渐加力率、地力	accelerating force of gravity	重力加速度
渐加力	accelerating force	产生加速度的力
渐加速、* 渐加力率	acceleration, accelerating force	加速度
直加	acting perpendicular	垂直作用
* 本力	action	作用
风气	air	空气、大气
* 气质	gas	气体
* 真空	vacuum	真空
* 角动	angular	
* 定距线、离心直角线	arm	力臂
* 轴	axis	轴
* 定	balance	平衡
* 曲杆	bent lever	曲杆
相击	collision	碰撞
* 合成	composition	合成
并力、* 合力	composition of force	合力
长加力	constant pressure, * continuous force	持续的力
* 曲线	curve line	曲线
正加	direct action	垂直作用
* 正相击、正加	direct collision	正碰
动重学	dynamics	动力学
* 抵力	equal force	平衡力
* 能力	effect	作用效果

（续表）

《重学》	*An Elementary Treatise on Mechanics*	现在含义
实力	effective force * effective pressure,	主动力
实抵力、* 加力	impressed (moving) force	约束力
功用、* 工作之能率	efficiency	利益、效率
流质涨力	elasticity of fluids	流体的弹性
* 凸力	force of restitution, * elastic force	弹力
* 凸力定率	elasticity of imperfectly elastic bodies	非完全弹性体的弹性系数(e)
阴螺旋	female screw	母螺丝
静滑车	fixed pulley	定滑轮
流质	fluid, liquid	流体
* 力、能力	force	力
凸力	force of restitution, * elasticity	(回复力)弹力
面阻力、磨力	friction	摩擦力
* 面阻力定率	————	摩擦系数
减阻力之轮	friction wheel	
* 滚动阻力	friction of rolling body	滚动摩擦
* 相磨阻力	friction of sliding (or rubbing)	滑动摩擦
* 轮转阻力	friction of wheels	
定点	fulcrum	支点
地心力、* 互相牵引	gravity	重力
击力	impact	碰撞
* 朒凸力、不全凸力	imperfectly elastic	非完全弹性
加力	impressed force	压力
* 抵力	impressed moving force	约束力
流质流力	impulse of fluids	流体压力
* 时率	in a unit time	单位时间

（续表）

《重学》	*An Elementary Treatise on Mechanics*	现在含义
斜面	inclined plane, slope	斜面
无凸力	inelastic	非弹性的
不肯动性、* 质阻力	inertia	惯性
杆	lever	杠杆
* 限数	limt	极限
火轮车	locomotive steam engine	蒸汽机车
* 质、质体	mass	质量
磁石	magnet	磁铁
阳螺旋	male screw	公螺丝
质点	material particle	质点
* 质面	material surface	平面
平抵力	mean pressure	恒力
重学	mechanics	力学
凸力率	modulus of elastic	弹性模量
质阻率	moment of inertia	转动惯量
* 质距积、* 重距积、* 实生动力	moment of the force	力矩
重速积	momentum	动量
滚动	motion of rotation, rotatory motion	滚动
动滑车	moveable pulley	动滑轮
动力、* 动力率	moving force	冲力①
* 斜相击	oblique collision	斜碰、非对心碰撞
* 对面	opposite	方向相反
* 对面抵力	opposite pressure	方向相反的力

① 按照原文：Moving force is measured by the momentum generated by the direct action of a force in a given time. 给定时间内产生的动量等于冲量，即 $Ft=\Delta mv$，moving force 应当指 F，即冲力。

（续表）

《重学》	*An Elementary Treatise on Mechanics*	现在含义
平行力	parallel force	平行力
全凸力	perfect elasticity	完全弹性
*纯光	perfectly smooth	光滑
力点	point of power	动力作用点
重点	point of weight	阻力作用点
*能力	power	力
牵力	power of traction	牵引力
实程之功	practical duty	有用功
抵力	pressure	压力
*质	quality of matter, mass	质量
*对力	reaction	反作用
直动	rectilinear motion	直线运动
*阻滞力、对力	resistance	阻力
分力	resolution of force	分解
*刚质	rigid body	刚体
*迟	slowly	慢
定质	solid body	固体
路	space	路程
*速	speed	速度
*等体重	specific gravity	比重
静重学	statics	静力学
*直杆	straight lever	直杆
索力	tension	张力、弹力
当程之功	theoretical duty	理论功
齿轮	toothed wheels	齿轮
*寒暑表	thermometer	温度计

（续表）

《重学》	*An Elementary Treatise on Mechanics*	现在含义
*时	time	时间
*平渐加力	uniform accelerating force	产生匀加速的力
平速行、*平动	uniform motion	匀速运动
平加速	uniformly accelerated motion	匀加速(运动)
*摄力	universal gravitation	万有引力
*非平速行	variable motions	变速运动
全动能	vis viva	动能①
劈	wedge	劈
轮轴	wheel and axle	轮轴
*作工、程功	work	功

从理解原文的角度看,《重学》中翻译的一些术语对原著的理解非常准确。19世纪初期,力学作为一种“混合数学”,一些概念、术语还没有达到现在所使用的概念、术语的成熟程度。这一点在*Mechanics*中也有体现。例如,加速度、冲力等概念并没有像现在教科书中那样清晰、严格。但是,在《重学》的翻译中没有根据原著直译这些概念,而是在理解的基础上进行翻译。其中特别普遍的是利用了中国传统数学中“率”的含义,对力学概念加以解释,突出了力学概念在计算或者说在概念应用上的准确性。

从现在的知识背景来看,有些似乎比原著概念的表达更清晰、准确。比如,加速度、冲力等。

1. 加速度的翻译

在*Mechanics*中,加速度的概念有 accelerating force 和 acceleration 两种表达,且前者使用的频率远远超过后者,只在该章最后总结中才有了

① 按照原著:体系的 vis viva 为 $m_1v_1+m_2v_2+m_3v_3+\cdots\cdots$该处的动能还没有$\frac{1}{2}$,准确地说应当叫活力。1829年,科里奥利用$\frac{1}{2}mv^2$代替了,将$\frac{1}{2}mv^2$称之为动能。

acceleration 一词①。而且在 *Mechanics* 中力和加速度的概念没有严格区分，accelerating force 有时表示力，有时表示加速度。accelerating force 从字面上直译为加速力，这样容易被理解为是一个力的概念，而不是加速度。《重学》在翻译该词时也有将之译为加速力，但更多的译为加速力率或力率，这里加了"率"字，包含了速度增量与时间的关系，从而将力和加速度区别开来。例如原文中：

"113. Accelerating force is force measured by the velocity, in a given time, it would produce in a body."(accelerating force 是力，这个力是由给定时间内物体产生的速度来衡量。)

这里明确定义了 accelerating force 是力。

"If an accelerating force, acting upon a body in direction of its motion, add equal velocities in each equal time, the force is called uniform or contant."[如果一个 accelerating force 作用于物体的运动方向上，在相同的时间内，产生相同的速度，这个力叫做恒定的或不变的(力)。]

《重学》的译文：

"所知时中以所生速为率之力。若渐加力依动物方向加于动物，令速随时平加，名曰平渐加力。"

以上内容说明，在 *Mechanics* 中，accelerating force 是一种力。而《重学》也将该词译为力——"渐加力"。但是在下面的表达中，《重学》没有沿用上面的译名——"渐加力"，而是使用了"渐加力率"一词。例如，原著 113b 节：

"Uniform accelerating force is measured by the velocity added(or subtracted) in a given time, as for instance, one second."[恒定的加速力是由给定时间(如一秒)内增加或减少的速度来衡量的。]

《重学》的译文：

"平渐加力之率为所知时中或加或减之速。"

这一小节给出了匀变速运动的加速度的概念。《重学》将原著中的

① 这与 *Mechanics* 写作的时代背景以及当时力学术语的规范化及其传播有关。

uniform accelerating force 译为"平渐加力之率"。

原著 114 节：

"With uniform accelerating force, the velocity generated in any time is equal to the product of the force and the time. $v=tf$, $f=\frac{v}{t}$."（在恒定加速力作用下，在某一时间内产生的速度，等于力乘以时间。）

从 114 节所表达的内容来看，accelerating force 应当是指加速度，相当于现在的 $a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$，$v=at$。这里，$a$ 为加速度，v 为速度，t 为时间。

《重学》中的译文：

"平渐加力若干秒中所产生之速等于力率乘秒。速＝力率×时，故速为实，时为法，得数为平渐加力率。"

在 *Mechanics* 中，accelerating force 可以是力，也可以理解为加速度。《重学》用"渐加力"和"渐加力率"区别了"力"与"加速度"。这种区分是必要的，因为根据牛顿第二定律，力是产生加速度的原因，力与加速度不论是在概念上还是数值上都是有差别的。与此相适应，《重学》中将重力加速度译为"地心渐加力率"，同时还给出了地心渐加力率的值，为二十七尺六寸。

2. 冲力的翻译

在 *Mechanics* 中，moving force 表示使物体发生动量变化的力。首先给出了 momentum 和 moving force 定义。例如，原文 122 节：

"Def. The momentum of a body is the product of the numbers which represent its quantity of matter and its velocity."（一个物体的动量等于物体的质量与它的速度的乘积。）

"Def. Moving force is measured by the momentum generated by the direct action of a force in a given time."（moving force 是由给定时间内直接作用力所产生的动量来衡量的。）

然后指出："因为在相同的时间内获得的动量和失去的动量相同，那么根据上述定义使 *A* 加速的 moving force 和使 *B* 减速的 moving force 相等。"（… since the momentum gained and the momentum lost in same time are equal, the moving force which accelerates A and the moving

force which retards B are equal by the definition above given.)

并利用牛顿第三运动定律证明了,"只要使物体产生的运动和损失的运动相同,the moving force 就相同"。(Therefore so long as the pressure which produce or destorys motion is the same, the moving force is the same.)这里的 pressure,即是使物体运动状态发生变化的一对作用力和反作用力。

从这一段的叙述可以看出,moving force 与动量的关系之中,时间是一个必须考虑的量。

《重学》将上述两个定义译为:"欲知质与动有何相涉,当先明重速积及动力率。质与速相乘为重速积。所历时中正加抵力所生重速积为动力率。"

事实上,上述 *Mechanics* 中的关于 moving force 的定义,即是"给定时间内产生的动量等于冲量",即 $Ft=\Delta mv$,moving force 应当指该式中的 F,即冲力,冲力的大小与动量的变化量和作用时间有直接关系。《重学》将 moving force 译为"动力率",包含了力与时间的关系。这说明译者对原文内容的理解是准确的,这样的处理的方式也是必要的。

三、《重学》术语翻译存在的问题

由于李善兰和艾约瑟的知识背景的缘故,在《重学》的概念翻译中或多或少还存在一些不尽人意之处。

从全文的翻译看来,《重学》与 *Mechanics* 最大的差异在于对原著概念的处理上,主要表现在:首先是没有翻译原著的"导论",造成一些基本概念的模糊不清甚至没有界定。原著的"导论"主要介绍力学的基本概念,如力、力学、静力学、动力学、质量、重量、作用力、反作用力、平衡力等,但《重学》未译这部分,而在后文中又未做概念的补充。其次是 *Mechanics* 正文中有些概念的表达被省略,或者没有翻译完整。

以上两方面的问题给理解相关知识带来了困难。例如,力矩、力臂、惯性、转动惯量、摩擦力、能力、作用力、反作用力与平衡力等概念,在翻译和使用上存在问题。

1. 力学、静力学、动力学

关于力学、静力学、动力学 3 个概念在 *Mechanics* 的导论中和动力学

第一章定律和定义中有明确的界定。《重学》在正文中没有介绍这几个概念，在序、跋中虽有相关内容，但没有达到 *Mechanics* 的概括性以及准确程度。例如在导论中，

"1. Mechanics is the science which treats of the laws of the motion and the rest of body."（力学是讨论物体运动和静止的科学。）

"9. The science of Mechanics is divided into two part Statics and Dynamics."（力学分为两部分静力学和动力学。）

"100. Dynamics is the part of Mechanics which relates to the action of force producing motion."（动力学是力学的组成部分，是关于力产生运动的学科。）

这几个概念在《重学》的序跋中有所体现：

钱熙辅跋："胡君威立，英国之精于重学者也，著书十七卷。分动静两大支，其静重学先求重心以得其相定之理，定理既明，乃可以用动力，而轮轴、滑车诸器，或分或合，或复或单，均能以小力运大重，是即动重学之根矣。其动重学有平速、渐加速之分，而地心下引之力为渐加速，速之比例用股而不用弦……"

李善兰序："重学分二科，一曰静重学。凡以小重测大重，如衡之类，静重学也；凡以小力引大重，如盘车、辘轳之类，静重学也。一曰动重学。推其暂，如飞炮击敌，动重学也；推其文，如五星绕太阳，月绕地，动重学也。"

从李序、钱跋来看，二者对上述几个概念的介绍是有缺陷的，没有达到 *Mechanics* 的概括程度、抽象程度和准确性。基本上是以举例的方式说明了什么是重学和静力学。动力学的概念在 *Mechanics* 动力学第一章给出，《重学》按照原著译为"动重学之理以能力加质体令生动为主"，与原著较接近。

2. 作用力、反作用力和平衡力(本力、对力)

作用力、反作用力和平衡力的概念在力学中无疑是非常重要的概念，它们关系到是否能够正确理解力的概念。在《重学》中，对这两组概念的翻译在措辞上没有区分，这在某种程度上会导致对相关内容理解上的困难，

而 *Mechanics* 对这些概念的表达则非常清楚。例如，导论第 9 节：

"…Two opposite forces which thus balance or destroy each other are equal force."[两个彼此平衡或抵消的方向相反的力(大小)相等。]

"When a heavy body is supported, it exerts a pressure downwards on its supports, and is sustained by their pressure upwards."(当一个重物被支撑时，它施加一个向下的力于支持物上，同时，它也被支撑物产生的向上的力支撑着。)

"Statical force are called pressure. Thus, when a heavy body is supported, it excerts a pressure downwords on its supports, and is sustained by their pressure upwards. "(静力学的力叫做压力。当一个物体被支撑时，它施加一个向下的力于支持物上，支持物给它一个向上的压力。)

"The pressure exerted upwards by each support, is equal to the pressure downwards upon it; and the latter being called the Action, the former is called the Re-action."(每个支持物给物体的向上的力等于作用在支持物上向下的力。后者叫做作用力，前者叫做反作用力。)

在《重学》的翻译中在用词上没有区分作用力、反作用力和平衡力。在卷一"论杆"的"公论三"中：

"公论三：若有相等两重直加于杆之两端，而杆有两定点离杆两端俱等，则两定点之抵力和必等于两重之和。"

这里的抵力应指支点对杠杆的支持力，该力与重力应当是平衡力。紧接着有如下论述：

"抵力自下而上以敌自上而下之力。公论言重向下，抵力向上敌之。亦同理推之各方向力为对面力所敌亦同。本力方向或自上而下或自下而上为抵力所敌，理总无二。二力相等故谓之抵力。"

此处本力与抵力应当是指一对平衡力。

卷八"论质体动之理"中：

"动及动势之根源为能力，能力可做抵力。凡抵力与对力必

等，有抵力在一点必生相等对力于本点。”

这里的抵力和对力对应于原著中的 action 与 reaction，表示的是作用力与反作用力。“动理第三例：凡抵力正加生动，动力与抵力比例恒同，此抵力对面力相等之理也”。这里的抵力、对面力也是指作用力、反作用力。

作用力、反作用力和平衡力的翻译准确表达了原著的内容，如平衡力中的“所敌”，作用力、反作用力中的“必生相等对力于本点”。这里存在的问题主要是，没有明确为这两对力下定义；没有选择有明显区别的术语表达。

作用力、反作用力和平衡力这样的概念，对于初学者本身就很容易搞混，而《重学》在翻译时没有选择有区别的术语将这两个概念加以区分，这将导致对概念的理解上的困难。

3. 力矩、转动惯量、惯性

关于力矩（moment），就概念的界定而言，*Mechanics* 没有在正文中正式出现，而是在介绍转动惯量时在注释中给出了定义和详细的解释。但 moment 在 *Mechanics* 中贯穿于杠杆的平衡、刚体的平衡、重心等部分内容，已经多次出现。《重学》[①]同样没有界定力矩的概念，在表达 moment 这一概念时，多数是用解释该概念的方式——用力与力臂（离心直角线、定距线）的乘积来表达。但是在卷五“论重心”中有“设令无数质点为一体定于直线，则两边各质点重距积之和必等”。并且解释到：“重距积者直交重心面之线乘本重所得之积也。”这里，“重距积”指的是重力产生的力矩。在卷十三“论动体绕定轴之理”中有“可见抵力加于合质体与相等质距积所生之动力恒等”。这里的质距积也是指力矩。但是，当 *Mechanics* 中出现力矩的概念时，《重学》反而使用了实生动力。*Mechanics* 在介绍转动惯量时的注释如下：

“The inertia of body is the measure of its effect in resisting the communication of motion; in a single point, it is as the mass simply; but in a body revolving about an axis, the effect of a patrical in resisting motion depends on the distance from the ax-

① 《重学》将 *Mechanics* 这部分注释中的内容放在了正文中。

is, like the effect of the force acting on a lever. The effect on a lever is as the product of the force and distance, and this product is called the moment; the effect of the inertia of the mass in resisting rotatory motion, appears from the above investigation to be as the product of the mass and square of the distance, and hence, this product is called the moment of inertia; and the sum of these product is called the moment of inertia of the system."

(物体的惯性是衡量阻碍物体运动变化的效果的；但当物体绕轴转动时，各部分阻碍运动的效果与到轴的距离有关，就像力作用于杆上的效果一样。作用于杆上的效果等于力和距离的乘积，这个乘积叫做力矩(moment)；阻碍物体转动的物质惯性的作用效果……等于质量与距离平方的乘积，这个乘积叫做转动惯量(the moment of inertia)，乘积之和叫做系统的转动惯量。)

相应的译文如下：

"质点当静时有不肯动之性，当动时有不肯静之性，此力名质阻力，质阻力大小之比同于质大小之比。以质体绕轴言之。各点质阻力以离轴远近而异，与力加于直杆理同，但杆之实生动力等于力乘距定点线。而质体旋动之质阻力以质体乘距轴线方为率。此数名质阻率。各点质阻率并之为合体质阻率。"

力矩在《重学》中的不同地方分别译作重距积、质距积，在此处以新词实生动力来译 moment，整个书中力矩的概念使用了不同的译名，且在行文中也未将这几个概念联系起来。另外，《重学》中将 inertia 译为质阻力，将转动惯量(moment of inertia)译为质阻率。转动惯量是一个与质点的质量和距转动轴的距离有关的量，质阻率的译名没有将上述含义表达完整(此处再次用了"率"的概念)。

这里，将 inertia 译为质阻力(在其他地方也译作不肯动性，不肯静性)，力矩的概念虽然在文中不同地方分别译作重距积、质距积，但在此处以实生动力来代替了文中的 moment，于是，对于力矩这样一个概念就有了不同的术语。另外，转动惯量是与质点的质量和距转动轴的距离有关的量，即与力矩有关又与惯性有关的物理量，《重学》将 moment of inertia 译作质阻率只表达了阻碍的含义，没有表达出与转动相关的含义。这大概与

《重学》中对力矩没有明确的理解有直接的关系。

《重学》翻译的其他力学概念的术语也有类似情况，如 friction（摩擦力）或译作阻滞力，或面阻力，或磨力，而且有时也交叉使用。又如，resistance 有译作阻滞力的，也有译作对力的。再如，能力一词在《重学》含义也较多，有的表示力："有诸能力在一个平面上加于一点，求并力。"也有的表示合力："假如有甲乙线平于地平，甲丙、乙丙两线结于丙，丙下悬重寅，令丙点定，求丙甲、丙乙两线能力。"还有的表示作用效果："公论三第一款：两个相等重，或分加直杆之两端，或并加直杆之中心，其能力必等。"

4. 摩擦力

关于摩擦力，译文中理解有误。原著用 R 代表正压力，f 代表摩擦系数，摩擦力即为 fR，f 随接触面不同而不同，$f=1/2,1/4,1/5$。译文："令抵力为未，面阻力为己| 乘未"，这里的"己| "按照原著应当是摩擦系数[1]。但又有"测得各面阻力定率为己| $=\overset{一}{\underset{一}{二}}$未"。

在测量摩擦力的论述中有面阻力为"己| 乘未"，通过推导得"己| $=\frac{乙丙}{甲丙}$"或"己| $=乙^{正}_{切}$"，如图 4-2-2 所示，此即 $\mu=\tan\alpha$，即倾角为 α 的斜面的摩擦系数的值。因此，"己| "应指摩擦系数，而"$\overset{一}{\underset{一}{二}}$未"应是摩擦力，公式"己| $=\overset{一}{\underset{一}{二}}$未"是错误的。

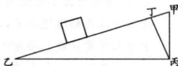


图 4-2-2

5. 物理量和单位

除了上述力学概念上存在的问题之外，《重学》的某些物理量的单位的翻译也存在一些问题。

有的物理量进行了不同计量单位的换算，如重力加速度由英尺换算成了中国的尺，重力加速度的值为"二十七尺六寸"。有的则没有进行不同计量单位的换算，如卷十六"论诸器利用"中原著的常数是：1 立方英尺的水

① *Mechanics* 没有明确的摩擦系数的概念，但在行文中有相当于现在摩擦系数的物理量，《重学》将该物理量译作"面阻力定率"。

产生1 711立方英尺的蒸汽,1立方英尺的蒸汽产生2 121磅压力,1立方英尺的水产生1 711×2 120=3 627 320磅的压力。《重学》在翻译中数字采用了原著的数字,单位采用了中国传统的尺和斤,如果1尺不等于1英尺,1磅不等于1斤,那么上述数字将与实验不符。按照晚清度量衡标准,以英制为标准折合中制,其折算标准是:"中国一百斤合英制一百三十三磅零三分之一磅,即100斤=133.33磅,1磅=454克,1斤=1.333 3×453=605.318 2克,1两=605.3 182÷16=37.83克。"[①]上述的数字显然不符合实验结果。

物理量的单位的问题在晚清的力学传播中也是非常值得下功夫研究的问题。

第三节 《重学》中力学术语的传承与变化

《重学》作为第一部系统传入力学知识的著作,很多力学术语第一次用汉语表达,它所包括的术语自然会受到当时相关人士的重视。因此,后期编译的《格物入门》、《格物测算》等力学书籍很大部分采用《重学》的术语。1867年,美华书馆重刊了《重学》"专业术语表"中的130个术语,这些术语全部收入卢公明(J. Doolittle)编的《英华萃林韵府》中[②]。傅兰雅在1890年传教士大会上宣读的论文"科学术语:当前的差异和寻求一致的方法"[③]中谈到他23年前译书的原则来自于《谈天》、《代微积拾级》、《重学》、《植物学》等。《重学》中的一些术语传入日本,后期传入的日译教科书也部分地沿用了《重学》翻译的术语。1908年,清政府学部编译局颁行了学部审定科编纂的《物理学语汇》。这是中国第一部汇编成书的物理学名词集,也是清末由官方机构编译、审定和发行的唯一的一本物理学名词集。在这部物理学术语词汇中也能看到《重学》的一些影响。

---

① 丘光明,邱隆等.中国科学技术史:度量衡卷[M].北京:科学出版社,2001:436.

② DOOLITTLE J. A vocabulary and handbook of the Chinese language[M]. Foochow: Rozario, Marcal and Co., 1872.

③ DAGENAIS F. 傅兰雅档案:第二卷[M].桂林:广西师范大学出版社,2010:376.

一、晚清力学术语翻译使用的整体状况

晚清力学术语的翻译、使用不统一的现象比较突出。王冰的"我国早期物理学名词的翻译与演变"①，对晚清翻译的物理学书籍中术语名词的使用及其演变进行了梳理分析，涉及力、热、光、电等物理学的分支学科，力学术语只是其中的一部分，其中有些重要的力学术语没有涉及，如重学、静力学、动力学、加速度、重力加速度、圆周运动等。另外，对所列力学译著中的术语还有待于进一步补充，如《重学》中涉及的力矩、机械利益、转动惯量、摩擦系数等。《格物测算》、《物理学》、《力学课编》等涉及的力学术语也需要进一步完善。表 4-3-1 即是在对比研究的基础上进行的增补，其中有＊号的为本书所补充内容，没有＊的为王冰文中的内容。

从表 4-3-1 可以看出，晚清力学术语在翻译、使用时，不统一的现象比较突出。总体上明末清初已经传播的一些静力学术语，特别是机械部分的术语通过《重学》的再次传播基本稳定下来；大部分《重学》新创译的术语，在后期的传播中不够稳定，有较大的变化，如力矩、力臂、惯性、加速度、动能、势能、动量、功、转动惯量等。下面就传播中译名不稳定的情况举例分析说明。

表 4-3-1　晚清变化较大的力学术语比较表

现译名	19 世纪中叶至 20 世纪初译名
＊重学	重学(2)(12)(16) 力学(5)(6)(15) 米坚律克斯(13)
＊静力学	静重学(2) 力学(13)
＊动力学	动重学(2) 力学(13)(16)
力	力、能力(1)(2)
质量	质(2) 体质(9) 实重率(10) 质量(13)(14)
密度	重率(4)(6) 质(6) 密率(10) 疏密率(11)(12) 密度(15)(16)
＊支点	倚点(1)(5)(6) 定点(2)(10) 支点(13)(15)

① 王冰. 我国早期物理学名词的翻译及演变[J]. 自然科学史研究，1995(3)：215—226.

（续表）

现译名	19世纪中叶至20世纪初译名
*力臂	定距线、离心直角线(2) 力倚距、重倚距(1)(5)(6) 力程、重程或垂直距(13) 臂(16)
力矩	重距积、质距积(2) *重距(7) 旋斡(13) 力之能率(15) 能率(16)*
摩擦力	面阻力、磨力(2) 磨阻(5)(6) 摩阻力(12) *涩力(13) 摩擦(16)
摩擦系数	面阻力定率(2) *阻率(6) 摩阻力之等数(12) *涩率(13) 摩擦系数(16)
作用力反作用力	本力、*对力、抵力(5)(6)(7) 用力与拒力(13) *反作用(力)(16)
*冲力	动力率、动力(2) 动力、击力(13) 击力(16)
惯性	不肯动性、质阻力(2) *质阻(7) 恒性、习惯性(12) *物惰(13) *惰性(15) *惯性(16)
*加速度	渐加力率(2) 渐加力(6) 加速率(12) 渐进(渐退)速率、进速(13) 加速度(16)
匀加速运动	平加速、渐加速(2) 匀等加速运动(12) 渐进(渐退)速率(13) 均等加速运动(16)
匀速运动	平速行、平动(2) *平速(3)(6) 匀等运动(12) *等速运动(16)
*重力加速度	地心渐加力率、地力(2) 定率(6) 地心摄物之速率(13)
功	工作、*程功(2) 作工、功效、工力(6) 工程(12) 能力(14) 功(13) 工作(15)(16)
功率	效验(12) 效(13) 工率(15)(16)
机械利益	功用、工作之能率(2) *机器之势(13) 利益(15)
动能	全动能(2) 显力(7) 运动之储蓄力(12) 动能力(效实)(13) 运动之能力(15)(16)

（续表）

现译名	19世纪中叶至20世纪初译名
势能	隐力(7) 位置之储蓄力(12) 储能(13) *位置之能力(15)(16)
动量	重速积(2)(12) 重速积、势、动力(6) *动力(7) 储力(13) 运动量(15)(16)
弹力(回复力)	凸力(2) 凹凸力(4)(12) 躍力(6)(7) 颤力(8) 有回躍之力(13) *弹力(16)
*弹性系数	凸力定率、凸力率(2)
万有引力	摄力(2)(5)(6) 宇宙摄力(12) 万有引力(15)(16)
*圆周运动	圈动(5)(6) 循心运动(12) 环周运动(13) 圜运动(15)
向心力	毗中之力(5)(6)(13) 向心力(12)(16) 趋中力(13)
离心力	离中力(5)(6)(13) 离心力(12) 远心力(14)(16)
转动惯量	质阻率(2) *抵力重距(7)

说明：为便于说明译名的演变，表中大致按照译名所在书的出版时间先后次序排列。

(1)《重学浅说》(1858)、(2)《重学》(1859)、(3)《谈天》(1859)、(4)《声学》(1874)、(5)《格物入门》(1869)、(6)《格物测算》(1883)、(7)《格物质学》(1894)、(8)《声学揭要》(1893)、(9)《热学揭要》(1897)、(10)《光学揭要》(1898)、(11)《物体遇热改易记》(1899)、(12)《物理学》(1900—1903)、(13)《力学课编》(1906)、(14)《物理学初步》(年份不确切)、(15)《近世物理学教科书》(1906)、(16)《物理学语汇》(1908)。

二、晚清几个核心力学术语的使用分析

1. 力矩

力对物体产生转动作用的物理量叫做力矩。晚清，尤其是早期编译的著作中对力矩概念的认识是有缺陷的，译名的选择与使用也不统一。《重学》在不同地方用了不同的术语表示力矩的概念。力矩的概念第一次出现在《重学》卷一"论杆"中，但没有严格定义，也没有给出表示力矩这个概念的术语，只给出了算式。在"论重心"、"论刚质相定之理"和"论动体绕定轴

之理”等部分用“重距积”、“质距积”和“实生动力”等多个不同的术语表示力矩。也就是说，在同一部著作《重学》中，关于力矩的术语并没有统一。实际上，“重距积”、“质距积”也只是表示这个物理量的数值计算方法，“实生动力”则容易与力的概念混淆，都没有表达出力的转动效果。

《格物质学》译者前言中称：“原本……名目繁多，求之华文适合者甚少，译书者遂不免臆造新名，以资讲习，乃十人译之而十异，一人译之而前后或异，因是而更多龃龉。是书所用名目，一依昔人所定，间有未见者，乃酌立一二。”该书的译名参考了当时的译著，其中《重学》也是该书中提到的参考译著之一，但该书没有选用《重学》中关于力矩的几个译法的任意一个，而是将力矩译作“重距”①，有可能借鉴了《重学》中的“重距积”的译法。

到《力学课编》又将力矩译作“旋斡”：“旋斡：旋斡者谓力加于物，而欲使其旋转也。旋斡＝力×直垂距。”②有“旋斡之相敌”（力矩平衡）的说法。该译名重在表达旋转的含义，但力的作用效果没有被表达出来。而《物理学语汇》(1908)中没有选用上述译名，将力矩译作“能率”③。直到《物理学名词》(1934)中才将 moment (of force)译为“力矩”④。

2. 加速度

加速度是描述物体速度改变快慢的物理量。力是物体间的相互作用，在动力学中是产生物体加速度的原因。因此，力与加速度是两个不同的物理量。在《重学》中，尽管多数用“渐加力率”代表加速度，但有时也用“渐加力”代表加速度，两个词均易让人混淆力与加速度的概念。《格物测算》在用语上同样也没有严格区分力和加速度。例如，“问：物受变力而速有加减，其理何也？答：速＝$\frac{\text{彳时}}{\text{彳路}}$，力＝$\frac{\text{彳时}}{\text{彳速}}$……”⑤这里，“速”指速度 $v=\frac{\mathrm{d}s}{\mathrm{d}t}$，“力”则为加速度 $a=\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}$。在《物理学》中，将 acceleration 译为“加速率”⑥，

---

① 史砥尔. 格物质学[M]. 潘慎文，译. 上海：美华书馆，1899(清光绪二十五年).
② 马格纳. 力学课编[M]. 严文炳，初译，常福元，重订. 北京：学部编译局，1906.
③ 学部审定科. 物理学语汇[M]. 北京：学部编译局，1908：8.
④ 国立编译馆. 物理学名词[M]. 北京：商务印书馆，1934：46.
⑤ 丁韪良. 物理学算法[M]. 石印. 出版者不祥，1904(清光绪三十年).
⑥ 饭盛挺造. 物理学[M]. 藤田丰八，译. 王季烈，重编. 上海：江南制造总局，1900—1903.

基本上反映了加速度的含义。但在后来的《力学课编》中没有使用这种译法，又将该词译为“渐进（或渐退）速率”或“进速”。到《物理学语汇》中，才将 acceleration 译为“加速度”。

与加速度相应的重力加速度的译名也非常不统一，有“地心渐加力率”、“地力”、“定率”、“地心摄物之速率”等。“定率”一词基本上没有表达出重力加速度的含义，“地力”与地心引力相关，但没有表达出时间与速度的变化量之间的关系，“地心摄物之速率”容易将速度与加速度的概念混淆。关于重力加速度，晚清时期不仅译名不统一，其数值差距也较大。

3. 动量

动量是描述物体运动的一个重要的物理量，是力的作用对于时间的一种积累。这种积累表现在物体运动状态的变化上，它是一个矢量，一般表示为物体质量与速度的乘积。《重学》最先将动量译为“重速积”，是对如何确定动量大小的一个解释，对于动量的物理意义并无深刻理解①。后来又有“势”、“动力”、“储力”、“运动量”等译名。《格物入门》用“势”和“动力”表示质量乘以速度，即动量。例如，“如火枪之铅丸放出之快，难以目力度之，纵知铅丸能及若干远，乃不知放出之势也”。又如，“（弹性碰撞两球）若顺触之，则慢者易快，而快者易慢，其动力互换也”。这里的“动力”也指动量。“动力”和“势”两个术语容易与其他术语的含义混淆，很可能基于这种考虑，在《物理学》中，仍采用了《重学》中的术语“重速积”。而《力学课编》又将其译为“储力”，“储力者用以名一物所动之势也。储力＝质×速”。这一译名实际上表明了力的积累效果，但没有流传开来。《格物质学》译作“动力”，《物理学语汇》又将动量译作“运动量”。直到清末对动量的矢量性仍然没有明确认识。

除此之外，如重学、力学、静力学、动力学等术语在传播中其含义有很大的不同，这一点另有专章分析说明。

三、《重学》中力学术语的传播情况

1.《重学》中的术语名词的传播特点

第一，《重学》译介的力学知识在晚清难度最大，其中一些知识在后期

① 王冰. 我国早期物理学名词的翻译及演变[J]. 自然科学史研究，1995(3)：215—226.

其他力学著作中少有涉及。相应地，相关的力学术语也流传得较少。例如，非弹性碰撞中的弹性系数（"凸力定率"）的概念、刚体绕定轴转动的转动惯量（"质阻率"）的概念。又如，达朗贝尔原理中的主动力（"实力"）、约束力（"抵力"）等。

第二，对比《重学》与其后编译的力学著作可以看到，一些静力学术语，有相对稳定性。例如，机械部分：杆、滑车（静滑车和动滑车）、斜面、劈、轮轴、齿轮等，重心、力之分合，合力（"并力"）、分力等，这些静力学术语的翻译、使用基本达到统一。同时，由于当时语言逐渐趋于白话，一些用语由单音节词变成多音节词，相应地，一些力学术语也经历了同样的变化，如时（时间）、速（速度、速率）、路（路程）等，这些词含义相对简单，翻译、用法也基本固定。但也有一些静力学术语，如支点（"定点"、"倚点"）、力臂（"定距线"、"离心直角线"、"重倚距"、"力倚距"、"力程"、"重程"）、力矩（"重距积"、"质距积"、"重距"、"旋斡"、"力之能率"、"能率"）、摩擦力（"面阻力"、"磨力"、"涩力"、"磨阻"、"摩阻力"）、摩擦系数（"面阻力定率"、"阻率"、"涩率"）等译名仍然比较混乱。

第三，《重学》创译的动力学术语在晚清不统一的现象比较明显。例如，加速度（"渐加力率"、"渐加力"、"加速率"、"进率"）、重力加速度（"地心渐加力率"、"地力"、"定率"）、匀加速、匀加速运动（"渐加速"、"平加速"、"渐近或渐退"、"均等加速"）、惯性（"质阻力"、"不肯动性"、"质阻"、"恒性"、"物驽"）、动能（"全动能"、"运动之储力"、"运动能"）、动量（"重速积"、"势"、"动力"、"储力"）、弹力（"凸力"、"躍力"、"颤力"）、完全弹性（"全凸力"、"全躍力"）、非完全弹性（"朒凸力"、"不全躍力"）等。还有一些术语，如重学、动力学、静力学等，不仅译名不统一，而且在含义上也不完全一致。

第四，还有一些知识《重学》没有涉及，相应的一些力学术语在《重学》中也没有，如力偶、密度、圆周运动、向心力、离心力、能量、势能等。其中，密度明末清初已经引入，力偶是从《物理学》开始介绍，圆周运动等概念和动能、势能的概念是从《格物入门》、《格物测算》开始引入。

2. 造成《重学》创译的一些术语被逐步淘汰的原因

《重学》中创译的力学术语在后期的翻译与传播中大多被逐渐淘汰，如"重距积"、"质距积"（力矩）、"重速积"（动量）、"渐加力率"（加速度）、"不肯

动性”、“质阻力”(惯性)、“凸力”(弹力)、“本力”(作用力)、“对力”(反作用力)等。造成这种结果的原因比较复杂,主要有以下几个方面:

(1)《重学》翻译的术语本身存在一定问题。

第一,从概念术语的构造上看,《重学》中解释性的术语较多,特别是从概念的计算和使用的角度定义术语是《重学》中概念术语翻译的一大特点。这种方法对于理解该术语的应用无疑是非常有帮助的,如上述对“加速度”、“冲力”的分析。但是从力学概念应简洁、准确地反映力学概念的力学特征及其意义上来看,这种方法还是有缺陷的。例如,“工作之能率”、“不可动性”、“重速积”、“质距积”、“重距积”等,它们还不能准确反映力学概念的本质。

第二,《重学》术语翻译中有一些力学概念不同,但是,有的没有做严格的区分,有的使用了非常相近的术语,也有的同一概念使用了不同的术语表达,即译名不统一。这会对理解力学概念造成困难。例如,表达作用力与反作用力、平衡力的词,都使用了“本力”、“对力”,这样从术语上不能严格区分。又如,摩擦力和转动惯量的术语,分别使用了“质阻力”、“质阻率”两个比较接近的术语,容易混淆。再如,力矩的概念在整部译著中使用了不同的表达方式,即“重(质)距积”、“实生动力”等等。

(2)从历史上看,当时西方的力学也是处在逐渐从“混合数学”成长为一门独立的学科的过程中,其概念术语在西方力学知识的发展与传播中也在不断完善。同时,翻译《重学》的时代,大规模的西方科学传播刚刚开始,科学概念术语的翻译方法、原则还没有形成,《重学》的翻译方法带有尝试性。因此,《重学》创译的术语大多在后期被淘汰,这也从另一角度反映了动力学这门新学科在中国逐步被接受、逐步成熟的历史,是历史选择的结果。

尽管如此,《重学》中的译名在整个晚清力学术语翻译与传播中产生了一定的影响,很多术语是从《重学》的译名逐步变化的。例如,力矩的译名的演变:“重距积”、“质距积”→“重距”→“旋斡”→“力之能率”→“力矩”;又如,动能的译名的演变:“全动能”→“显力”→“运动之储力”→“动能力(效实)”→“动能”。这两个译名的变化过程一方面能够看到当时人们对这两个力学概念的不同理解,另一方面似乎也能看到人们对术语的选择中对最早的《重学》中的译名的回归。再如,动量的译名的演变:“重速积”→“动力

(势)”→“储力”→“运动量”→“动量”。这个译名的演变不仅可以看到晚清对动量这一概念的不同理解，而且也能看到这种理解逐步趋于准确的过程。整个力学术语的选择与演变过程体现了人们对力学概念的理解与提炼的一个进化过程。《重学》中术语翻译方法的尝试，经过实践的检验为后期术语翻译的方法、原则的形成提供了重要的参考。这正是研究《重学》中术语翻译的意义所在。

第五章 《重学》的传播

《重学》作为晚清第一批传入的力学译著，对西方力学知识的译介，系统、深刻、理论性强，而且其难度、复杂程度也是最大的。那么，这样一部译著在当时的知识背景下传播会面临怎样的命运，在晚清力学传播中发挥怎样的作用？为此，需要了解有关《重学》的版本、文本流传以及知识内容的传播。

第一节 《重学》的版本、文本流传

对《重学》版本的研究，学界已有一些。例如，韩晋芳的"《重学》版本的初步研究"[①]，对《重学》的版本以及不同版本之间的关系及流变做了深入的研究；邓亮、韩琦的"《重学》版本及其流传"[②]，对《重学》的版本，对《重学》中流体力学和附卷《圆锥曲线说》的来源，以及《重学》的影响做了深入的分析。以上研究成为本书研究的重要基础，这里将在与 *Mechanics* 对比的基础上，对《重学》金陵本与美华本的区别，以及二者与《重学》首版之间的关系做进一步探讨。

---

① 韩晋芳. 关于《重学》版本的初步研究[J]. 哈尔滨工业大学学报：社会科学版，2007(3)：7—12.

② 邓亮，韩琦.《重学》版本流传及其影响[J]. 文献，2009(7)：151—157.

一、目前关于《重学》版本的研究

邓亮、韩琦的研究认为,《重学》共有 5 个版本,即 1859 年初刊本、1866 年金陵书局本、1867 年美华书馆本,1899 年富强斋丛书本、1896 年积山书局本。韩晋芳将上述《富强斋丛书》本称作"小仓山房本",并且讨论了 1889 年《中西算学大成》本。

现在在二者研究的基础上补充、综合如下:

1. 墨海书馆本[①]

《重学》初刊于 1859 年,由钱熙辅资助雕刻,墨海书馆印刷,分 3 册 17 卷,木板,在上海松江雕成,印数未及 10 部,毁于兵燹,现已难得一见。邓亮、韩琦及韩晋芳关于该版的一些基本情况介绍均根据《增版东西学书录》、《金山钱氏家刻书目》以及重刻《重学》的序、跋中得知。《增版东西学书录》[②]称:"咸丰己未(1859),钱氏活字板本作十七卷有首卷,无附卷。"邓亮、韩琦已经注意到这一条信息有问题:"据此可知还在 1859 年出版过活字本,此为孤论,其真实性尚存疑问。这一说法可能混淆了 1867 年伟烈亚力活字本。"就"有首卷,无附卷"而言,推测也是根据美华本而来。因为在美华本伟烈亚力英文序中记载:"在休厄尔的译著前面增加了一部分有关机械力的内容,这部分内容通俗,没有数学公式,可能对以前很少注意到这一学科的人提供帮助。"这里"前面增加了一部分"即是指卷首,这说明卷首是美华本重印时加上的。

2. 金陵书局本

李鸿章资助刊刻,1866 年由南京金陵书局木刻出版,20 卷。其书名为"重学廿卷附曲线说三卷",牌记为"同治五年(1866)秋湘上左祯署"。此版《重学》无卷首,增加了《流体力学》3 卷(第十八至二十卷)和附录《圆锥曲线说》3 卷。该版本的《重学》现存较多,所有标明"同治五年秋湘上左祯署"的《重学》在内容、文字、插图上均无差别,版式亦相同。但各个版本仍有微小差别,比如分卷册数、序跋的前后、版心尺寸等。对于这一差别,韩

---

① "墨海书馆本"是本书作者对该版本的称谓。

② 徐维则. 增版东西学书录[M]//王韬,顾燮光等. 近代译书目. 北京:北京图书馆出版社,2003:196.

晋芳认为是因大量印刷产生涨版而致,邓亮、韩琦倾向于存在盗版。

3. 美华书馆本

上海美华书馆活字本,17 卷,由伟烈亚力重刊,书名题"重学",牌记为"同治丁卯(1867)之秋上海美华书馆活字板",该版有卷首,钱熙辅跋,伟烈亚力英文序和专业术语表,无李善兰序,无《流体力学》和附录《圆锥曲线说》。

4.《富强斋丛书》本

在该丛书中,《重学》第一册的牌记为"光绪己亥(1899)春初小仓山房校印",第四、五册牌记为"光绪丁酉(1897)小仓山房校印",第六册的牌记为"光绪丙申(1896)小仓山房校印"共 20 卷,无附卷(《圆锥曲线说》3 卷)。除李善兰序和钱熙辅跋外,另有张之洞"重校富强丛书序"。此外,还有清光绪辛丑(1901)孟夏月上海宝善斋石印本《富强斋丛书》。此版本的序跋、内容与版心俱同于上述小仓山房印的《富强斋丛书》。

5. 上海积山书局本

其书名为"重学廿卷附曲线说三卷",牌记为"光绪丙申(1896)季春上海积山书局石印",有李善兰序、钱熙辅跋,正文 20 卷,卷末有"南汇张文虎道勋"。

6.《中西算学大成》本

《中西算学大成》①由清末数学家刘彝程的学生陈维祺组织整理并出资刊刻,全书共 100 卷,署"陈维祺纂"。有陈维祺和叶耀元所做的序、跋。在该书凡例中指出,算学书中录入《重学》是因为"重学,实制造之本原,而目今之要务,则又不可不深加研究,以期见诸施行"。此版本《重学》将原 20 卷合编为 9 卷,每卷首页无"李善兰笔述、艾约瑟口译"的字样,前 5 卷署"吴县叶耀元,嘉善孙斌翼述",卷末是"吴县叶耀元校绘,长州朱祖保覆校"。第六卷署"嘉善陈维祺述",卷末是"吴县叶耀元校绘",第七卷到第八卷署"吴县叶耀元述",卷末是"吴县叶耀元校绘"。根据《中西算学大成》序可知,《中西算学大成》的编者陈维祺请孙斌翼校订《重学》,但孙斌翼仅

① 陈维祺. 中西算学大成[M]. 石印. 上海:上海书局,1889(清光绪十五年).

校订了前5卷就因病中断。叶耀元接着承担了校订工作。他不仅重校了前5卷，并补足了其中的算式和图。第六卷由陈维祺厘订，叶耀元负责图和算式的校绘。后三卷的修订工作完全由叶耀元独立完成。陈维祺序言中明确指出，“余以重学为壬淑首译，行世之本体例不一”，又因“李氏初译尚泥于借根方术，其间算式如实上法下等类，与续译诸书体例不符，今特更正”。为统一体例，叶耀元将《重学》前7卷合为3卷，10卷的“动重学”整理为5卷，3卷的“流体力学”合为1卷。《重学》列为《中西算学大成》卷88—96，无李序、钱跋。仅在体例、算式上进行厘定，整体上书的内容、插图等与《重学》无异。所以可以肯定，这应该算作《重学》的一个版本。

对于《重学》以上各版本而言，墨海书馆本和美华书馆本均为17卷，且无《流体力学》和附卷《圆锥曲线说》，其余3个版本均为20卷，有的有附卷，有的没有。在20卷的3个版本中，金陵书局本时间上最早，可以初步断定其他2个20卷的内容来源于金陵书局本。另外，1859年最早刊刻的墨海书馆本是什么情况，无法得知。而金陵本与美华本成为《重学》传播的主要载体。下面就这2个版本的区别及其与首版的关系做进一步探讨。

二、《重学》之美华本与金陵本

《重学》之金陵本(图5-1-1)，20卷；美华本(图5-1-2)，17卷。这2个版本除了其序、跋及其他附加内容不同之外，书中内容在细节上也有很多不同之处。

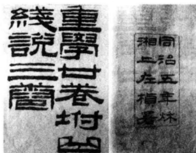


图5-1-1 《重学》(金陵本)

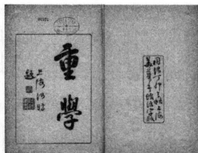


图5-1-2 《重学》(美华本)

1. *Mechanics*、美华本、金陵本插图的对比

从上述版本及其文本流传来看，1867年之后，《重学》流传的文本都是

由金陵本而来。那么美华本与金陵本之间有何区别，它们与首版的墨海书馆本《重学》有怎样的关系？下面首先从插图来对比上述 2 个版本的《重学》与原著 *Mechanics* 之间的差别。

表 5-1-1　*Mechanics*、《重学》美华本与金陵本插图对比

组别	*Mechanics*(1836)	美华本《重学》(1867)	金陵本《重学》(1866)
1			
2			
3			
4			
5			

（续表）

组别	*Mechanics*(1836)	美华本《重学》(1867)	金陵本《重学》(1866)
6			
7			

Mechanics 共有 176 幅插图，以附页的形式将插图集中在 10 页上，附于书后；而《重学》则随文附图。由于文中有一图多用的情况，《重学》中每用到插图时都要将相应的图放在相应的文字附近，因此，单纯从插图的数量而言，《重学》要比 *Mechanics* 多。但从图的种类而言，与 *Mechanics* 相比，《重学》比 *Mechanics* 少了 10 种左右。

从总体上看，1867 年美华本的插图的写实性、各部分比例与 *Mechanics* 的插图非常相似。1866 年金陵本则差距较大，个别图做了较大的修改、简化，这样的情况大约占到插图总数的 20%。限于本书的篇幅，这里只选取几幅有代表性的插图列于表 5-1-1 中，从这些图的差异来分析金陵本、美华本、*Mechanics* 之间的差别。

下面将金陵、美华 2 个版本的插图进行对比说明。

省略图：《重学》中有一图多用的情况，美华本每用一幅图都将相应的图附于文字附近，而金陵本在一图多用时有省略，如卷五“论重心”第六款省略了 1 幅图，卷十二“附摆线四款”省略了 2 图，同样是这部分第一款还缺了 1 幅图 。

图中所用字母不同：金陵本与美华本大部分的插图上标注的干支文字

都不同，因而在正文中所用干支文字也不同。与 *Mechanics* 相比对可知，美华本是按照先十干，后十二支，再物、天、地、人与英文 26 个字母相对应，这与李善兰翻译数学书籍《代数学》、《代微积拾级》时的做法相同。金陵本的插图上的字母没有完全采用这样的对应关系。这一点从上表各图中都能看到。

写实性不同：1867 年美华本的插图与 *Mechanics* 的插图非常接近，而金陵本插图的画法、写实性（2 组）、各部位比例（3 组），都与 *Mechanics* 的插图差距较大。

金陵本的图形有简化现象：与 *Mechanics* 和美华本相比，金陵本对许多图做了简化处理，如第 4 组图（卷五"论重心"，"设有无数质点，欲求重心"），省略了直角坐标；第 5 组图，将左面 2 幅滑轮组的图都用 1 幅图来代替。

金陵本准确性较差：与 *Mechanics* 和美华本相比，金陵本有些插图不够准确。除上述比例不恰当和省略之外，金陵本的"阿德伍德机"（Atwood Machine）重力作用线没有与标尺重合（如第 6 组图），这样读数时容易产生较大误差。第 7 组图，是平抛曲线，金陵本画成了直线。

从插图的上述差异来看，金陵本有些图的简化不会影响文字内容的理解。例如，第 2 组图，杠杆的平衡，如果有作用力的方向，简化的图应当是无懈可击的。事实上，在 *Mechanics* 中，类似的受力图也不是像现在力学著作中有非常严格的力的示意图。再如，第 4 组图，该图的简化不会对解决问题造成困难。但是，金陵本有些图的简化、修改，对于文字的理解有可能造成困难，如第 1 组原图是作用力在距"定点"的不同位置时杠杆的平衡情况，金陵本将 2 幅图简化为 1 幅；第 5 组原图是滑轮组受力情况，金陵本不仅省略了一幅图，而且将图中的滑轮及其连接方法省略，简化后的图对问题的理解会造成一定的困难或误解。

因此，从插图的对比来看，金陵本的插图整体上质量不如美华本，与 *Mechanics* 差异较大；而美华本的插图与 *Mechanics* 极为接近。

2. 美华本与金陵本文字的对比

美华本和金陵本除上述插图上明显的不同之外，在具体内容细节上也有很多不同。

韩晋芳的文章对此进行了详细的对比研究。从韩晋芳的对比来看，不论是符号体系还是个别术语上，美华本与金陵本都有差异，特别是符号体系，美华本的《重学》更接近李善兰翻译的《代数学》、《代微积拾级》等数学著作；而金陵本采用的符号体系与上述 2 部数学著作有一定的差距。例如，美华本的分数表示方法：分子在下，分母在上；金陵本的分数表示方法更接近当时的西方著作，也是现在习惯用的分子在上，分母在下。再如，三角函数表示方法不同：“如美华本第 9 卷第 13 页 a 面的公式‘天速＝寅|丄时甲|×角余弦’，在金陵本中表示为‘天＝寅⊥时心∟子余弦’，用‘∟’将两个相连汉字分离，以正确表示求余弦的值。”小数的表示方法也发生了变化：“美华本中的小数前无零位，如卷 6 的‘·六三四’；金陵本中表为‘〇六三四’，前有零位却无小数点。”此外，“在《重学》卷 1 中用了天元术，美华本中先用天元术后用代数，数字用‘‖、|’等筹算符号；金陵本中先用代数后用天元术，天元术的数字用一、二、三等表示。”①在个别术语上也有同样的情况，如在美华本中，“平方根”和“灭数”②两词混用，均指“平方根”；在金陵本中，仅用“平方根”一词。当然 2 个版本的大部分术语一致，术语不同之处与插图的不同之处相比少得多。除韩晋芳指出的之外，还有一些书写上的区别，如美华本的公式中文字都是竖排，如图 5-1-3 所示，这一点在《代数学》、《代微积拾级》中也有这种书写方式；而金陵本变成了横排，如图 5-1-4所示。

$$\begin{array}{c}\text{山}\\\text{颠}\\\text{地}\\\text{力}\end{array}=\frac{\left(\begin{array}{c}\text{地}\\\text{半}\\\text{径}\end{array}\perp\begin{array}{c}\text{山}\\\text{高}\end{array}\right)^{\text{二}}}{\begin{array}{c}\text{地}\\\text{力}\end{array}\times\begin{array}{c}\text{地}\\\text{半}\\\text{径}\end{array}^{\text{二}}}$$

图 5-1-3 《重学》(美华本)

$$\frac{\text{山颠地力}=\text{地力}\times\text{地半径}^{\text{二}}}{(\text{地半径}\perp\text{山高})^{\text{二}}}$$

图 5-1-4《重学》(金陵本)

韩晋芳的文章还指出了一些美华本文字上不同、不准确和错误之处。除此之外，具体细节上的不同之处还有一些。例如，卷十二“论物行于曲线

---

① 韩晋芳. 关于《重学》版本的初步研究[J]. 哈尔滨工业大学学报：社会科学版，2007(3)：7—12.

② “灭数”一词在《代数学》和《代微积拾级》中均有定义，意指“天之同数，可令函天之式消尽，命为灭数”。参见：棣么甘. 代数学：卷五[M]. 李善兰，伟烈亚力，译. 上海：墨海书馆，1859.

之理”第五款“假如将秒摆移至山巅求一昼夜摆动减少若干次”的论述中，美华本有缺字，金陵本文字上有如下补充：“因山高比地半径为甚小，故等数如下：(公式略)”再如，美华本：“凡有活物用本重本力行于此线，一若有他力加之，不论路远近必同时至底点……近有人造行于摆线之摆，虽不甚确，然已略相近，亦能令摆动同时行同路。”在金陵本中，上述“活物”为“羽族”，“同时行同路”为“同时同次”。金陵本中的补充和修改使书中文字表达更准确。

另外，由于美华本是按照先十干，后十二支，再物、天、地、人与英文 26 个字母相对应，而金陵本没有采用这种英汉对应方式，导致 2 个版本的插图中所标识的字母不同，相应的文字说明也不同，与文字说明对应的数学表达式也不同。例如，转动惯量的表达式：

Mechanics 的表达式为 $k^2 \sum m = \sum (m \cdot Cm^2)$ 。

美华本的表达式为子|⼆禾寅| ＝禾(寅| ×丙寅|⼆)。

金陵本的表达式为乾⼆和午＝和(午戊午⼆)。

上述的差别虽然只是表达形式的差别，但从一个侧面反映了西方科学传入中国之后，中国人对西方科学表达方式的一个适应过程。相应地，从这些不同的表达方式上也可以大致推测出一个时间的链条。例如关于分数的表示，中国传统数学中只有文字叙述，没有算式。明末清初西方数学传入，开始引入分数的表达式，从《同文算指》开始就有“除数为母(法)列上，奇数为子(实)列下”的表示方法。直至清朝李善兰翻译《代数学》、《代微积拾级》时都沿用了这种表达方式。随着西化历程的深入，这种表达方式逐渐被西方或者说接近现在的表达方式所取代。

三、对《重学》首版的推测

通过以上的插图及文字的对比中可以看出，金陵本的文字比美华本精细，错误较少；而美华本的插图更精致，文字上的错误或不准确之处比金陵本多。另外，美华本使用的符号、个别术语更加接近李善兰所译数学书籍。也就是说，尽管时间上美华本比金陵本晚几个月，但是从上述对比来看，美华本的内容更接近初译本的内容，而金陵本的内容是在初译本的基础上进行了修订。这一点也可以从其他一些历史资料中得到验证。

美华本的伟烈亚力英文序中记载道："《重学》的这个版本是第三版……与此版同时，还有另一木刻本在南京正在进行，它是由总督李鸿章出资、监督完成，并于今年年初已经出版发行。"这段引文至少说明美华本不是在金陵本基础上修订重印的。

从上述对插图和文字的对比来看：美华本的插图接近 *Mechanics*，翻译规则、公式表达更接近李善兰所译数学书籍，但文字上有较多疏漏；而金陵本的插图与 *Mechanics* 相比修改较多，文字表达相对美华本更准确，公式等也更接近现代用法。由此可以推测，美华本与金陵本都是在原刊本的基础上独立完成的。

另外，李善兰与张文虎在 1864 年 10 月 15 日，被派往南京金陵书局任职，李善兰在金陵书局担任校席职。由于他的多种手稿随着苏州城毁于战火，所以，他只有请求"友人转相传录副本，收罗数年，尽得故物"[①]。1867 年 5 月 7 日（清同治六年四月四日），李善兰致函方骏谟指出："《几何原本》、《重学》俱已刷印。惟《则古昔斋算学》仅刻一半，大约七、八月间方能了事了。"[②]这里的《重学》应该是指金陵本的《重学》。因为美华本的《重学》是"同治丁卯之秋"，应当在 1867 年 5 月 7 日之后。

也就是说，在金陵本《重学》重刊时，李善兰正在金陵书局任职，他很可能对重刊的《重学》进行修订、补正。

美华书馆由美国基督教长老会创办，前身为 1844 年在澳门开办的花华圣经书房，1845 年迁往内地宁波，改名为美华书馆，1860 年迁至上海。《重学》首版由英国伦敦会创办的墨海书馆刊行，墨海书馆后期由于资金、管理上的问题等原因，于 19 世纪 60 年代衰落，美华书馆取代了墨海书馆的地位[③]。1867 年，美华书馆重刊《重学》时李善兰在南京，艾约瑟在北京，重印《重学》修订的可能性应当非常少。因此，美华本的《重学》，特别是其中的文字应当与 1859 年墨海书馆本的《重学》最接近。

之所以强调"文字部分"是因为，如果美华本的插图也是原墨海书馆本的插图，就会有一个问题无法解释，即美华本和金陵本中相同的插图上所标的"甲、乙、丙、丁……"等汉字，不是互相对应的。因为，如果插图中的文字不对应，那么，对插图的文字说明则完全不同。通过对这 2 个版本的插

① 李善兰. 则古昔斋算学[M]. 上海：金陵书局，1867（清同治六年）.

② 陶湘. 昭代名人尺牍小传续集：卷十九[M]. 台北：文海出版社，1980：27—28.

③ 叶斌. 上海墨海书馆的运作及其衰落[J]. 学术月刊，1999(11)：91—96.

图以及对应文字进行的比对，基本可以认定，2 个版本各自的插图与文字都是对应的，如果金陵本是在墨海书馆本基础上修订、补正的话，那么为什么会做这样大范围的修改，《重学》近 200 幅插图，这部分的修改涉及很大的工作量。

因此，对于插图部分，一种可能是根据墨海书馆原刊本绘制。另一种可能就是，美华书馆重刊《重学》时，按照 *Mechanics* 的插图重新绘制。如果插图是重新绘制，那么上述的疑问也就消除了，即金陵本的插图是原刊本的图，美华本为了印刷精美，按照 *Mechanics* 重新绘制了插图，与此同时将插图上标注的字母、算式中的字母进行了修改。不过这种修改同样需要很大的工作量。

另外，顾观光根据《重学》著有《静重学记》、《动重学记》、《流质重学记》的文章载于《九数外录》。这几篇力学文章概述了《重学》的部分内容，但是在文中不论是内容还是术语都没有《重学浅说》，即"《重学》卷首"的痕迹。顾观光 1862 年去世，他所根据的应当是首版的(墨海书馆本)《重学》，这一点也间接地说明首版《重学》可能没有卷首内容。

综合以上讨论可以得出以下结论：

一是，《重学》的金陵本与美华本差别较大。美华本的插图精致与 *Mechanics* 非常接近，但文字上有疏漏。金陵本对插图做了简化处理，有些插图准确性较差，但是文字上有新修订或润色。

二是，关于美华本、金陵本与首版《重学》的关系，笔者已经发表的一篇论文持如下结论：金陵本在南京刊行，美华本在上海刊行，彼此独立，均根据 1859 年墨海书馆本重刊。美华本没有做大的文字修订工作，因此，非常接近墨海书馆本的《重学》，即首版的《重学》按照 *Mechanics* 插图绘制，算式是按照李善兰翻译数学著作的规则表达，但文字上有疏漏。而 1866 年金陵书局重刊《重学》时，李善兰也在南京，对首版文字上的疏漏进行了订正，对其中一些算式的表达也做了修改。如果上述推理正确，那么美华本基本反映了难得一见的墨海书馆本，即 1959 年首次刊行的《重学》17 卷，无卷首，有钱熙辅跋①。(《重学》初刊于 1859 年，有卷首，无附卷②。)

笔者在后期的研究认为或许还有另一种可能性，即金陵本更接近墨海书

---

① 聂馥玲. 金陵版与美华版《重学》比较研究[J]. 内蒙古师范大学学报：自然科学版，2010(1)：87—92.

② 王韬，顾燮光等. 近代译书目[M]. 北京：北京图书馆出版社，2003：196.

馆本。李善兰在金陵本中仅对文字做了润色，而美华本的编辑考虑到原版插图绘制不精，故根据 *Mechanics* 重新绘制了插图，所以插图更接近原书，也较准确。《重学》是最早翻译的西方科学书籍，在字母的使用上还没有统一定则，经过几年的译书实践，形成了统一规则。美华本的编辑(很可能就是伟烈亚力)根据当时的统一规则按天干地支顺序重新统一了字母的翻译，并对正文、公式中的字母对应地做了修改。同时又根据 *Mechanics* 做了适当的校订与增删。此外，关于分数的表示，初译本按西书原样，分子在上、分母在下，而美华本相反，这也是根据初版后中文译书流行的做法修改的。

关于美华本和金陵本的区别以及与首版墨海书馆本的关系的问题，目前的研究只是根据现有的资料作出的一些推测，结论尚待进一步考证。

四、《重学》其他版本的区别及其流传



图 5-1-5 《重学》(积山书局本)



图 5-1-6 《中西算学大成》

1. 几个不同版本书写方式的差异

算式的表达方式在《重学》的不同版本中是差异最大的，比较明显的主要是分数、小数和三角函数的表示方法。另外，区别较大的是算式的书写方式不同。

对算式书写方式，有的版本主要采用横排，有的版本主要采用竖排，在同样的版本中也有横竖混排。美华本和《中西算学大成》本主要采用竖排，但这二者之间还有差别。例如，

$$\frac{\text{圆}}{\text{锥}}=\overline{\text{丁戊}}\frac{\text{圆}}{\text{面}}\times\frac{\text{三}}{\text{乙丙}} \qquad \text{圆锥}=\text{丁戊圆面}\frac{\text{乙丙}}{\text{三}} \qquad \frac{\text{圆}}{\text{锥}}=\frac{\substack{\text{丁}\\\text{戊}}}{\substack{\text{圆}\\\text{面}}}\frac{\text{三}}{\text{乙丙}}$$

美华本算式　　金陵本算式　　《中西算学大成》本算式

以上是卷六"论刚质相定之理"求圆锥的算式。美华本、金陵本、积山书局本(图 5-1-5)和《富强斋丛书》中"丁戊"、"乙丙"采用横排。而《中西算学大成》本(图 5-1-6)算式中所有的文字都竖排,但是,这种情况在整个书中并不统一。例如,在求斜面上物体抛射的最大距离的例子中可以看到《中西算学大成》本又多数采用了横排。

在分数、小数和三角函数的表达方式上,《重学》的这几个不同版本中情况也不同。美华本采用了分母在上、分子在下的方式,金陵本则相反。《中西算学大成》本采用了美华本的表示方式,积山书局本和《富强斋丛书》本均采用了金陵本的表示方式。如前所述,小数的表示方法也不统一。

三角函数的表示也是如此。以斜抛运动在斜面上的最大射程的表达式为例,可以看到不同版本三角函数表达方式的差异:

$$\genfrac{}{}{0pt}{}{\text{抛}}{\text{界}}=\frac{\genfrac{}{}{0pt}{}{\text{地}}{\text{力}}}{\text{二速}^{\text{二}}}\times\frac{\text{斗}\genfrac{}{}{0pt}{}{\text{余}^{\text{二}}}{\text{弦}}}{(\text{角丅斗})\genfrac{}{}{0pt}{}{\text{正}}{\text{弦}}\text{角}\genfrac{}{}{0pt}{}{\text{余}}{\text{弦}}}$$

美华本算式

$$\text{抛界}=\frac{\text{二速}^{\text{二}}(\text{尾丅房})\text{正弦}\llcorner\text{尾余弦}}{\text{地力房余弦}^{\text{二}}}$$

金陵本算式

$$\genfrac{}{}{0pt}{}{\text{抛}}{\text{界}}=\frac{\genfrac{}{}{0pt}{}{\text{地}}{\text{力}}\text{余弦}^{\text{二}}\text{房}}{\text{二速}^{\text{二}}\text{正弦}(\text{尾丅房})\text{余弦尾}}$$

《中西算学大成》本算式

$$\text{抛界}=\frac{\text{二速}^{\text{二}}(\text{尾丅房})\text{正弦尾余弦}}{\text{地力房余弦}^{\text{二}}}$$

《富强斋丛书》本算式

上述算式中,美华本分别用"斗"与"房"表示图 5-1-7 中的 α 和 β,金陵本中分别用"房"与"角"表示图中的 α 和 β,表示角的汉字不同。事实上,如果统一使用 α 和 β,上述几个算式是等价的,则抛物体在斜面上的最大射程

$$s'=\frac{2v_0^2\sin\beta\cos(\alpha+\beta)}{g\cos^2\alpha}。$$

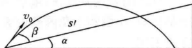


图 5-1-7

类似上述同样的公式书写方式不同的情况在《重学》的不同版本中非常普遍,即使是同一版本中书写方式和使用的符号也有不同之处。由此可以看出,《重学》各版本中的数学表达方式非常不统一。

2. 不同版本之间的关系及其文本流传

大体上看,金陵本之后的几个版本,都是以金陵本为母本刊刻。除金陵本、美华本 2 个单行本存世较多之外,《中西算学大成》刊本也较多。例如,清光绪十五年(1889)有上海同文书局石印、上海古香阁石印、上海书局

石印；清光绪二十三年(1897)有上海书局石印；清光绪二十七年(1901)有上海陈氏辩贞谅室石印[1]。由此可以看到，该书的流传比较广泛，对《重学》的传播也产生一定的影响。

另外，从《重学》文本的流传来讲，还有其他一些丛书收录了《重学》。比如，有的版本的《则古昔斋算学》中也有《重学》，今呼和浩特市教育学院就藏有一套“同治丁卯”(1867)的《则古昔斋算学》，其中收录了1866年金陵本的《重学》。在《增版东西学书录》“圆锥曲线说”一款中也有：“金陵刊本附《则古昔斋》《重学》”。清光绪丙申年(1896)上海积山书局版《则古昔斋算学》中也收录了《重学》，其书名、牌记与上述积山书局本《重学》相同，但是，卷末没有上述“南汇张文虎道勋”的字样。20世纪80年代出版的《丛书集成续编》[2]等书也收录了《富强斋丛书》本《重学》。这些丛书对《重学》的传播与影响产生了一定作用。

综合上述，《重学》版本及文本的流传关系如图5-1-8所示。

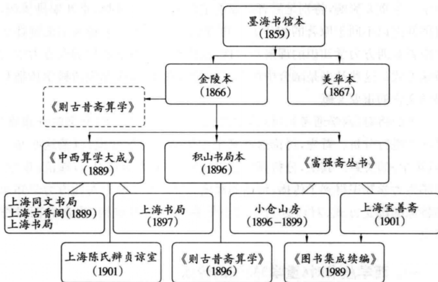


图5-1-8 《重学》版本及文本流传

---

① 李迪，查永平. 中国算学书目汇编[M]//吴文俊.《中国数学史大系》附卷第二卷. 北京：北京师范大学出版社，2000：119—120.

② 王德毅等. 丛书集成续编[M]. 台北：新文丰出版公司，1889.

第二节 《重学》中力学知识的传播

《重学》出版后，其中的力学知识被一些书籍引用，除第一章所提到的《重学须知》之外，"《重学图说》也是根据《重学》而来，虽然具体内容有了较大的变化，所附的图也不尽相同，但纲要基本上源于卷首"①。另外，晚清其他西学丛书、算学丛书、课艺对《重学》中的知识的传播也产生了重要作用。在西学丛书中，有的丛书汇集诸书成一书，如《西学富强斋丛书》、《西学大成》等；也有的根据当时已有的西学译著进行内容选择，重新编撰汇编成书，如《西学通考》、《时务通考》、《续西学大成》等。这些丛书对传播西方科学产生重要影响，特别是后者对原著重新进行内容选择，重新编排体例，有的甚至以不同于原著的叙述方式再现原著的内容。这些丛书无疑体现了作者对西方力学知识的理解与重构，也体现了当时学者接纳西方力学的特殊方式。这些丛书是融合中西学术的特殊载体，是研究晚清科学传播和科学文化的重要文献。

下面将对《西学通考》、《续西学大成》、《时务通考》和《分类时务通纂》等丛书进行分析。首先，讨论这些丛书中传播的力学知识，以及这些知识与《重学》的关系。其次，分析算学丛书、课艺中的力学知识，以厘清《重学》中哪些力学知识得到了传播，传播的程度怎样。至于丛书对西方力学知识的特殊的接受方式、对西方力学知识体系的改写与重构，将在后面详细讨论。

一、西学丛书对《重学》知识的传播

1.《西学通考》之《重学考》

《西学通考》(图 5-2-1)36 卷，长沙胡兆鸾辑，有清光绪丁酉年(1897)长沙刻本，有清光绪辛丑年(1901)上海书局石印本。收录西书 338 种，分为

① 邓亮，韩琦.《重学》版本流传及其影响[J].文献，2009(3)：151—157.

28类。《西学通考》卷三为《重学考》，节录了《重学》、《格物入门》、《力学须知》、《重学须知》（《重学》“卷首”）和《重学汇编》中的部分内容，然后按丛书的体系重新编排，大部分内容之后都注明了来源。

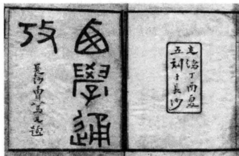


图 5-2-1 《西学通考》

《重学考》每一款多者二三百字、少则三五十字，以定性介绍与解释现象为主，无定量计算。其内容包括“总论”、“静重学”、“动重学”、“测算”四部分，具体内容如表 5-2-1 所示。

“总论”中，“释重心线”内容来自《重学》、《格物入门》、《力学须知》。讲述了重心以及重心与稳定的关系：“要而言之，物体之重心即物体重力归聚之点，安置合宜自能稳立不摇。”

表 5-2-1 《重学考》的内容

分类	内 容	内容来源
总论	释重心线、释并力分力义、释诸家论重力异同义	《重学》及下面 3 种
静重学	杆、轮轴、滑车、劈、斜面、螺丝	《重学浅说》
动重学	重力、结力、爱力、平速动、渐加速、速率、摆动、圜动	《力学须知》
测算	吸力通例、物离地渐高渐轻例、物入地渐深渐轻例、物行平速例、物行渐速例、数力合一例、测重心、计算杆之力、计算滑车之力、计算斜面之力、计算螺丝之力、计算尖劈之力	《格物入门》

“释并力分力义”的内容来自《格物入门》，只讲述了一个船在水流中运动时的例子。“释诸家论重力异同义”讲述了“英人牛董始论及吸力”，“英人胡威立曰重学之器有七”，“英人傅兰雅曰助力六器”，“美人丁韪良巨石重物不能移则用……”，“牛董”即牛顿，“胡威立”即休厄尔。此处将牛顿、胡威立、傅兰雅、丁韪良对重力以及重学中相关内容进行对比，对比的内容及其相关人物都不在同一层次，不具有可比性。

"静力学"说明了6种简单机械的含义，个别机械定性说明了省力的情况，如"斜面助力全赖其面长与高之比例，比例越大则省力越多"。注明了内容来自《重学》，经对比是《重学》卷首。

"动重学"主要来源于《力学须知》。

"测算"中主要是一些计算的例题，但都是定性说明，没有具体的计算。大部分问题较简单，内容来自《格物入门》。例如，"物离地渐高渐轻例：亦按其离地心远近乘方反比之力也。其离地心较地面数倍则易算，若不足一倍则有奇零而计之较烦"。"计算滑车之力：滑车既不同式（如定滑车、动滑车之类）又不同例，所同者惟其绳索绕枢纽以通力也"。具体滑车力如何计算，物体引力随高度变化不论是"易算"还是"较烦"，均没有下文。

有些说明用词含糊，没有解释清楚。例如，"物行渐速例：用力使物动者有二，陡力与恒力是也。力之陡施于物，虽一霎时之间，亦必令之必速而行。若恒施于物，则如以陡力时时相继，其行自然加速也。欲计其加速若何，则以其时分为秒，忽其力之恒施于每秒每忽而施之无异"。"陡力"是指"瞬间力"，与恒力对应，这里只讲述了瞬间力与恒力都可以使物体运动，但如何运动，运动与力有何关系都没有讲，如何计算"其加速若何"不得而知。这段叙述来自《格物入门》，但是内容没有完整摘录。

另外，有些内容在原书中有示意图和相应的文字说明，《重学考》中也有类似对插图的文字说明，但是没有插图，这会导致无法理解文字。

《重学考》主要涉及了重心、力的合成与分解、机械和变速运动中的一些最基本的知识。有些内容注明了来源，其中注明重心内容来自《重学》、简单机械部分内容来自《重学》"卷首"。有些内容没有注明来源，但是经过对比可以发现，也有来自《重学》的。例如，"动重学之率凡三，曰力、曰质、曰速。力同则质小者速大，质大者速小。质同则力小者速小，力大者速大"。(《重学》序)

总体上看，《重学考》涉及了力学的最基本的部分，内容简单、粗浅，摘录内容不完整，有些表述不准确、不到位。选择内容的一个标准即是"学问权之以实用"。就传播的知识水平而言，没有达到现在初等水平的力学知识。就《重学》中的内容而言，《重学考》中只是提到《重学》，其中除部分重心知识之外都来自《重学须知》（即《重学》"卷首"，亦即《重学浅说》）、《力学

须知》和《格物入门》。《重学》中的内容基本没有得到反映。另外,《西学通考》还特别论述了“西学原出中学”、“西学本墨子”、“西学本庄子”、“西学本管子”等内容。

2.《续西学大成》之《重学》

《续西学大成》(图 5-2-2),孙家鼐编,清光绪丁酉年(1897),上海飞鸿阁书林印,为“各省学堂通行书籍”。孙家鼐(1827—1909),安徽寿县人。在清咸丰、同治、光绪三朝为官达半个世纪之久。孙家鼐主张维新,在戊戌变法期间,最主要的活动和成就是受清光绪皇帝之命于 1898 年筹建京师大学堂,并任首任管学大臣。他认为,西方国家近数十年国势骤兴之原因,并“非仅持坚船利炮”,而是得力于“人才辈出”,人才能够辈出,又得益于广兴教育。“西学一日不兴,即人才一日不出。人才一日不出,即国势一日不振。夫中国一日不振,即太西一日不安。”[①]因此,他主张采用新式教育,举办新式学堂,培养有用人才。《续西学大成》即是为各地学堂所编教科书。该丛书“自算学以下列为十八类,初得书二百数十种”。其中,《重学》13 册,包括“重学数理”、“重学探原”、“静重学”、“动重学”、“重学说器”5 部分。各部分内容如表 5-2-2 所示。

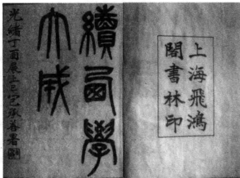


图 5-2-2 《续西学大成》

“重学数理”的前 3 部分内容来自《重学浅说》(《重学》“卷首”),是《重学浅说》的完整版本。第四部分“重学数理跋”来自王韬的《西学辑存六种》自序的部分内容,其核心内容是力学简史,“数学之中以重学最繁……重学始于亚奇默德……知地面吸力所得之速率者为意大利人伽利略……物力相摄引之理者为英人奈端皆重学也”。

① 孙家鼐. 续西学大成[M]. 上海:飞鸿阁书林. 1897.

表 5-2-2 《续西学大成》之《重学》内容

分类	内容		内容来源
重学数理	重学原始、重学总论、总论重学之理、重学数理跋		《重学浅说》
重学探原	总论(有立积、不并容、可分割、含微有重力……分力合力、重速积、击力对力、摆动之理、圈动之理)		《力学须知》
静重学	第一章重学总论 第二章论杆 第三章论轮轴	第四章论滑车 第五章论斜面 第六章各论机件动法	《重学须知》
动重学	总引 第一章总论体性 第二章略论各力 第三章略论重心	第四章略论动理 第五章略论摆动 第六章略论圈动	《力学须知》
重学说器	总论、杆、滑车等七器、机件动法、机器合动		《重学浅说》

上述“重学数理跋”中的内容实际上在“重学原始”中已有论述。叙述方式略有不同。因此,“重学数理跋”基本重复了“重学原始”中的内容。

“重学探原”只有“总论”。经过对比,这部分内容除开始一段之外,多数与《力学须知》的内容非常接近,只是把《力学须知》各章内容全部放在“总论”中,个别内容顺序有变化,同时也删去了一些内容,如讲物体性质部分时,没有涉及“体”、“体性”、“不泯灭”3 个性质。

“静重学”的 6 章内容完全与《重学须知》相同,只是删掉了《重学须知》中“总引”部分。其余部分的文字排版也相同。《重学须知》是《重学》“卷首”(即《重学浅说》)的节本。

“动重学”的 6 章内容完全与《力学须知》内容相同。文字排版也相同。大部分内容与“重学探原”重复。

“重学说器”与《重学图说》一样。其中,大部分插图与《重学》“卷首”(《重学浅说》)的插图完全一样。

简言之,《续西学大成》之《重学》的内容:“重学数理”来自《重学浅说》(《重学》“卷首”);“重学探原”来自《力学须知》;“静重学”来自《重学浅说》(《重学》“卷首”);“动重学”来自《力学须知》;“重学器说”来自《重学浅说》(《重学》“卷首”)。

从内容上看,均为已有书籍的节录或重印,但没有注明文献出处。从

整个体系上看，重复内容多，"重学探原"和"动重学"内容相同，均为《力学须知》的内容；"重学数理"、"静重学"、"重学器说"内容相同，均来自《重学》"卷首"。"重学探原"、"重学数理"也名不副实。另外，从《续西学大成》的内容目录上看，力学知识体系混乱，知识结构也不完整。尽管《续西学大成》的版权页上注明为"各省学堂通行书籍"，但就重学部分而言，距离教科书的要求还有相当大的距离。

3.《时务通考》、《时务通考续编》

(1)《时务通考》概述

《时务通考》(共31卷24册，图5-2-3)，杞庐主人编，清光绪二十三年至二十七年(1897—1901)，点石斋石印本。从杞庐主人的自序和扉页上可知，由于"有见于泰西之政治，时时隐合三古以来垂治之遗意，其学术更能夺造化之功"。于是"爰时取其法而行之，以辅政教之所不逮"。同时，"时务典籍，又为经济之一大端"，"士人讲求经济，必赖实学有用之书"，"而通汇之书缺焉"。因此，"纠合同志"、"延聘名儒"、"贯穿群言，合为一书，曰《时务通考》"。"共分三十一门，都凡三百万言。广搜博采，考据精详，雠校尤极精致，三阅寒暑……成书尤为不易"而且"耗费不资"。

《时务通考》包括"天算"、"地舆"、"公法"、"约章"、"使臣"、"税则"、"钱币"、"礼制"、"兵政"、"律例"、"工政"、"铁路"、"矿物"、"电报"、"邮政"、"农桑"、"商务"、"教务"、"学校"、"管制"、"议院"、"史学"、"算学"、"化学"、"电学"、"化学"、"重学"、"声学"、"光学"、"测绘"、"医学"，共31科。每一科为一卷，每卷体例不尽相同，有的有"原始"、总论、正文3部分；也有的只有总论、正文；也有的只有正文。"原始"讲述该学科的简单历史；总论，概述该学科的特征、分支、主要概念等，如"地舆总"、"约章总"等；正文部分的内容不分章节，没有序号，以知识点为标题，然后对知识点进行解释、说明。以"卷一"——"天算"为例，其内容包括"原始"、"名义"、"仪器"、"测算"、"七曜"、"诸星"、"交食"、"气朔"几部分。《时务通考》整体内容以叙述为主，没有插图，即使是自然科学也没有公式。这里只分析《时务通考》①的"重学"部分。

① 杞庐主人. 时务通考[M]. 石印. 上海：点石斋，1897—1901.

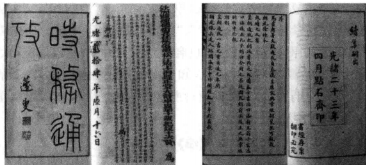


图 5-2-3 《时务通考》书影

(2)《时务通考》传播的力学知识

《时务通考》卷二十六“重学”，分为“重学上”和“重学下”2 部分。内容主要来源于当时已有的编译著作，如《重学浅说》、《重学》、《格物入门》、《格物测算》等，也有少部分内容来源于明清时期的著作。

“重学上”：原始、力类、器类、重类；

“重学下”：定类、动类、质类、曲线。

“重学上”之“原始”，主要介绍了力学发展简史和力学的学科分类。在力学发展简史中介绍了亚里士多德、伽利略、牛顿等人的贡献，还分别介绍了“重学力原始”、“气质重学原始”、“流质重学原始”等。力学分为动、静两支，即“静重学”和“动重学”。“动重学”、“静重学”的内容主要来自李善兰《重学》序。“气质重学”、“流质重学”2 部分主要来自《重学》和《格物入门》，也有部分来自《格物测算》。虽然这里指出“重学”分静力学和动力学两部分，但是其自身的内容安排没有按照这种分类体系进行。具体内容如下：

“器类”主要介绍了各种机械：“简器”、“繁器”及其原理，“简器”与“繁器”之间的关系，“器类助力”能省力不能生力的原理。同时还介绍了火轮机、水轮机等机器，涉及到机器的功、功率、效率，还涉及了摩擦力、水平仪等知识及其应用。

“力类”介绍了力的种类、力的测量方法以及各种名称的力：其内容包括“物力有三”(交感、吸引、驱散)，计力之法(用功和功率衡量力之大小)，用力有法(人畜有别)，马力、“实力”、“抵力”；“并力分力”、“吸力”(万有引力)及其大小、“地力之率”(重力加速度)、“离中毗中之力”(离心力、向心

力)、“长加力”(恒力)、“面阻力”(摩擦力)、“击力”、“凸力”(弹力)、“躍力”(弹力)、“全凸力”(完全弹性力)、“朒凸力”(非完全弹性力)、“凸力率”(弹性系数)。

“重类”介绍了与“重”相关的概念:包括“本重”(比重);“重之径”(重力线)、重心的测量方法、各种形状平面的及立体的重心求法,还包括两个质点的重心的求法;涉及了与重心相关的稳定问题;涉及了体积相等轻重不等之率(浮力)。

“重学下”之“定类”介绍了部分平衡问题:刚体,刚体的平衡(定于一点、定于两点,刚体定于一面、定于两面),刚体的稳定平衡、非稳定平衡,“桥环相定之理”,“屋梁相定之理”,斜面上物体的平衡。

“动类”主要介绍了与“动”相关的问题,涉及了质点和刚体的运动:包括牛顿运动定律(物之动有三纲,动理第一纲、第二纲、第三纲),并说明了牛顿运动定律可测验知之;阻碍物体运动之力(动有三阻:“地球之吸力”、“风气之阻力”、“与物相磨之力”)、使物体运动之力(生动之力:“定质重”、“流质重”、“定质凸力”、“流质动力”、“流质涨力”、“人畜能力”);运动相对性原理(被物所载借其动力之证);动量的大小(测量动力)等。“动类”还介绍了刚体转动(滚动之理、动体绕定轴之理)、达朗贝尔原理(以静重学亦可推令物平动之力);涉及了速度的合成与分解(“分速合速之说”)、速度、瞬时速度(“速率谓之限数”)、匀加速运动与加速度(“渐加速”、“速与时比例不变”);涉及了碰撞问题(包括正碰、斜碰)、功(求定质重当程之功和实程之功)、质阻率(转动惯量)、“击力”与“平凸力”(弹力)等。

“质类”主要涉及了与“质”相关的问题:流体力学知识,包括液体的重力、压力、阻力,液体的流速、液体表面张力、浮力定律(物入流质减重之理);气体的压力、压强、大气压、大气压的用途,气压计原理及其用途,物体热胀冷缩的现象及其原理,热功当量,潮汐,测潮之法等,也包括了质点、质点组、定质、流质名义及其区别等知识。

“曲类”包括抛体运动和钟摆。

以上内容主要来自《格物入门》和《重学》。

《时务通考》中各类知识所占比例、篇幅不同,具体情况如表 5-2-3 所示。

表 5-2-3 《时务通考》各部分知识点所占比例

	知识点(共495个)		篇幅(共59.5页)	
	数量	百分比	数量	百分比
原始	11	2.2	2.5	4.2
器类	117	23.6	13.5	22.7
力类	64	12.9	8.5	14.3
重类	35	7.1	2.5	4.2
定类	31	6.3	3.5	5.9
动类	60	12.1	6.5	10.9
质类	125	25.3	17	28.6
曲类	52	10.5	5.5	9.2

从表5-2-3可以看出,“器类”和“质类”2部分知识点和篇幅所占比例最大,“力类”和“动类”次之,然后是“曲类”,除“原始”之外,“重类”和“定类”所占比例较小。如果各知识点的篇幅分布较均匀,知识点所占的百分比应当与篇幅所占百分比接近,但是从表5-2-3也看出,“重类”中知识点所占比例比篇幅所占的比例大,前者比后者高41%,而“原始”中知识点所占的百分比比篇幅所占的百分比小48%。造成这种现象的原因是每一个知识点的解释和说明所占篇幅长短不一,“重类”知识点划分较细,每一个知识点的介绍简短;而“原始”的知识点少,每一个知识点篇幅较长。

《时务通考》之“重学”包括了晚清传入的绝大部分力学知识,也包括了《重学》中的大部分核心知识。静力学:机械、力的合成与分解、重心、刚体的平衡、摩擦力等;动力学:牛顿运动定律、碰撞问题、曲线运动,刚体绕定轴转动等。涉及的知识不仅有中等水平的力学知识,也有高等水平的力学内容。其中的力学知识的宽度和深度在当时汇编丛书中是少有的。

从《时务通考》之重学的内容来看,作者主要参考了《重学》、《重学浅说》(《重学》“卷首”)和《格物测算》。但就每部分内容而言,作者并不是照搬哪一部原书的内容,而是在理解的基础上,参考多种书籍,又按照该书的体系将内容逐条梳理、编排。各部分知识概括得条理清楚,简洁而又不失全面,且有一定的层次性与逻辑性。从作者对内容的理解来看,多数概括

准确、精炼，能体现各部分问题的实质。下面以摩擦力的知识内容为例说明。

关于摩擦力的介绍，在《重学》中分为2卷，一为卷七“论面阻力”，一为卷十五“论动面阻力”。卷十四“论器动”也涉及了摩擦力。《时务通考》将上述内容合而为一，概述了摩擦力的主要内容。

“面阻力有二：凡重物行于质面有阻滞力，为面所生，命为面阻力。面阻力有二，其方向一与抵力对面，在切线上。

三等面阻力：一相磨阻力，二滚动阻力，三转动阻力。(有举例)

面阻力大小之故：面阻力大小，一由于本面质性，一由于重体质性；一由于面之光糙，一由于体质轻重。

面阻力有限：面阻力自无渐多，恒有阻重之能。至斜下时，阻力已满定率，不能更增以相阻耳。

面阻力与他力异之故：无动势此力不生，动势愈大此力愈生。

减面阻力之法：以油拭之……”

这里讲到了摩擦力产生的原因：“动势”；摩擦力的大小：“面之光糙”，“体质轻重”；摩擦力的方向：“与抵力对面”，在切线上；摩擦力的种类；最大静摩擦力；减少摩擦力的方法等。除了没有计算摩擦力的定量公式，关于摩擦力的内容可以说很完整。

“面阻力有二”没有展开叙述，《重学》中一个是指摩擦力，另一个是指压力。就现在的知识背景而言已经不做如此区别了。这说明了该书作者对摩擦力内容的理解与把握的准确性。

《时务通考》还介绍了转动惯量的概念、达朗贝尔原理，这些内容是晚清力学传播的一个薄弱环节，除《重学》之外，少有论述者。这些问题在《重学》中不是以明确的定理、定律的形式表述，《时务通考》的作者能从繁杂的证明与计算中将这些重要的力学知识以清晰的条理再现出来，体现了作者对《重学》的理解。

不过也有一些问题在理解上有差错。例如，在关于“并力分力之名”中有如下叙述：“二力合一者，谓之并力；一力分二者，谓之分力。一力分二者以船海验之，二力合一者以星宿验之。”在“以星宿验之”中有：

“二力合一之理最妙。星宿之旋行，周而复始，无此则几无可解，有此则推演有据。夫各行星之运动莫不均由二力所致。若其

力单施，一仅使之前行，一仅使之下坠。惟二力相合，则不独一直前行，亦不独一直下坠，只可从中循斜线而行。缘其方向时刻改易，于是变成穹线周而复始。月之绕地，地之绕日及一切行星之运动皆系二力合一所致。其下坠之力吸力也，其前行之力由于造物之处，而人不能深究其蕴也。”(来源于《格物入门》)

这里，“其前行之力由于造物之处”，显然是错误的，还停留在牛顿的第一推动的思想上。还有一些叙述不够准确之处，如“测月吸力之法：按成方倒比之理可算也”。这里按哪一个物理量的“成方倒比之理”不明确。类似的问题还有一些，不再赘述。

随着西学东渐的进一步深入，所译西书不断增加，《时务通考》“不免有缺漏”，于清光绪辛丑年(1901)又出续编，为《时务通考续编》(图 5-2-4)，上海点石斋印本。在《时务通考续编》序言中写道：《时务通考》一书“上察天文，下穷地轴……奉为善本，但不免有阙漏，且西国诸务逐时加增，有为前书纂辑所无”。所以，点石斋主人不惜重货聘请知名人士，“或翻译西书，或摘录抄报，缺者补遗”，对《时务通考》中所缺内容进行了增补。《时务通考续编》体例与《时务通考》完全一样。其中力学部分主要内容在卷一，包括“重学源流”、“重学分溯”、“简器”、“繁器”以及各种力等，主要内容来自《力学须知》，其内容在《时务通考》中已经涉及，不在此赘述。

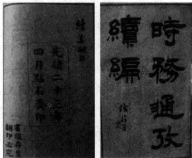


图 5-2-4 《时务通考续编》

5.《分类时务通纂》

《分类时务通纂》(共 300 卷 48 册)，陈昌绅编纂，清光绪二十八年(1902)，上海文澜书局石印本。2005 年，北京图书馆出版社出版影印本(全 10 册)。编纂者陈昌绅，字杏荪，浙江钱塘人。曾掌教于上海龙门书院。《分类时务通纂》分为“内政”、“外交”、“理财”、“经武”、“格物”、“考工”六大类，各类之下又细分纲目。重学置于“格物”类，共分 8 卷，分别为卷一“原始”、卷二“器类”、卷三“力类”、卷四“重类”、卷五“定类”、卷六“动类”、

卷七"质类"、卷八"曲类"。内容完全与《时务通考》相同，前4卷为《时务通考》"重学上"，后4卷为《时务通考》"重学下"。

晚清编纂的丛书，大多是根据当时编译的西书摘录、整理而成，除《时务通考》的内容较系统、深入之外，其余大多涉及了力学的最基本内容，而且体系混乱、内容简单、知识结构不完整，基本上是一些简单的概念和对日常简单现象的解释。就传播的知识而言，简单机械的知识得到了较充分的重视与介绍，几乎涉及力学的书都会涉及这部分知识。从文本的传播来看，《重学浅说》、《重学须知》、《力学须知》、《格物入门》中的知识流传较广。从知识的深度看，大部分只涉及概念，应用的内容非常少。相比较而言，《时务通考》涉及的知识全面，内容有一定深度，而且自成体系，对西方力学知识有独到的理解。

二、算学书对《重学》知识的传播

力学在晚清还不完全是一门独立的学科，通常是作为"考天制器"的一种基础知识被人知晓。但是，力学与数学却有着非常紧密的关系，正如丁韪良在《格物测算》序中所言："独知算学而不知格物，则需而无凭；习格物而不明算学，则狭而不广。二者相辅相行方能钩深至远。"[①]由于算学与格致之学的这种关系，使得晚清一些算学书中也收录了一些力学问题。下面以《须曼精庐算学》为例对算学书中力学内容的传播做一个简要分析。

《须曼精庐算学》24卷，杨兆鋆撰。杨兆鋆(1854—?)，字诚之，号须圃，浙江乌程人。清同治六年(1867)入上海广方言馆学习，清同治十年(1871)由两江总督曾国藩第二次咨送到京师同文馆英文馆学习。清光绪五年(1879)，杨兆鋆毕业后升迁出馆，任苏松太道公署翻译。清光绪十年(1884)，随许景澄公使出洋。归国后，以道员身份发江苏补用。

清光绪十九年(1893)，杨兆鋆任金陵同文馆教习，兼授算学。杨兆鋆1898年撰写完成《须曼精庐算学》24卷，但没有刊刻。1916年，才由浙江吴兴刘承干嘉业堂刊刻。1986年，浙江图书馆文物出版社据吴兴刘氏嘉业堂本影印与《婴桐庐算剩》合刻成7册[②]。

---

① 丁韪良. 物理学算法[M]. 石印. 出版者不祥，1904(清光绪三十年).

② 王全来. 同文馆毕业生杨兆鋆及其数学工作[D]. 天津：天津师范大学，2001：10.

1.《须曼精庐算学》的内容

《须曼精庐算学》(图 5-2-5)的内容较广、知识较全,涉及"圆锥三曲线"、"天文历法"、"重学"、"几何"、"垛积"、"不定方程"等方面。卷六、七、八是力学问题。

卷六"力学探原",涉及了力的合成、分解和碰撞问题,还涉及了速度的合成、分解。

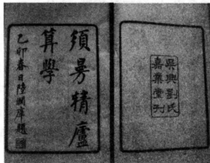


图 5-2-5 《须曼精庐算学》

卷七"重心释理",主要涉及了重心问题和部分刚体平衡问题,包括直角三角形、等边与不等边三角形、半圆形、四分之一圆、120 度圆面、60 度圆面、不等边六边形,以及质点系的重心等问题,还涉及了负面积法求重心,即物体或薄板内切去一部分(如有空穴的物体)的重心问题的求解。具体涉及到 2 个这样的问题:一个是圆面抠去一个圆面,求剩余部分的重心;另一个是从一个长方形抠去一个圆面,求剩余部分的重心。

卷八"动定格物",涉及了匀变速运动,其中包括自由落体、竖直上抛运动,液体的压力、压强、密度等问题。在这些内容中没有力学概念、定理、定律的介绍,各部分内容以例题的形式来体现力学问题中数学方法的应用。

2.《须曼精庐算学》对《重学》知识的传播

《须曼精庐算学》①中的一些问题与《重学》中的问题极为相似,如"有三角铁板重一百二十斤,其三边三四五之勾股形,于三角承以三柱,三柱所受压力各若干"。此题与《重学》卷六"论刚质相定之理","假如有刚体加于三垂足架上,求每足抵力"的题相似,如图 5-2-6、图 5-2-7 所示。

又如,"凡重物于垂圆面之周,不论何处由通径行至底点其时相等,试解其理"。同于《重学》卷十"论加速及互相牵引之理"第三款中,"设平圆面直交地平,自顶点至圆界做诸通弦,则物在任何通弦下行,自顶点至末点时刻俱等"相似,如图 5-2-8、图 5-2-9 所示。这 2 个问题基本是《重学》中 2 个

① 杨兆鋆. 须曼精庐算学[M]. 吴兴:嘉业堂,1916.

问题的变形。

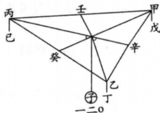


图 5-2-6 《须曼精庐算学》内图

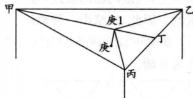


图 5-2-7 《重学》内图

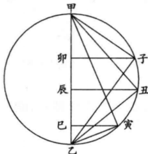


图 5-2-8 《须曼精庐算学》内图

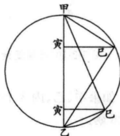


图 5-2-9 《重学》内图

3.《须曼精庐算学》对《圆锥曲线说》的传播

《须曼精庐算学》卷一“椭曲同诠”和卷二“抛摆致用”研究了圆锥曲线的有关问题。在卷一“椭曲同诠”中，有关椭圆性质的命题共 5 个，其中 4 个来自《圆锥曲线说》，1 个来自李善兰的《椭圆拾遗》卷二。有关双曲线性质的命题和卷二“抛摆致用”中抛物线性质的命题均来自《圆锥曲线说》。杨兆鋆关于圆锥三曲线性质的研究没有提出新的命题，只是采用了新的方法对原有命题进行证明①。

4.《须曼精庐算学》在传播力学方面存在的问题

由于是算学书，重在计算，对于一些力学问题的解答与分析从力学的角度考虑，还不够完善。

例如，在“论分力合力”中的一个例题：“设有甲乙丙三力，其方向与等边三角形平行，并加于一点，甲乙二力各十磅，丙力十五磅，求合力。”求得

① 王全来. 同文馆毕业生杨兆鋆及其数学工作[D]. 天津：天津师范大学，2001：10.

的结果是 5 磅，如图 5-2-10 所示。

实际上，根据问题的叙述，答案不止一种。此处的解法没有考虑到力的矢量性。因此，只给出一种解法。

(1) 如果甲、乙、丙 3 个力作用于戊点，如图 5-2-11 所示，则这 3 个力的合力为 5 磅。

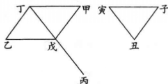


图 5-2-10 《须曼精庐算学》内图

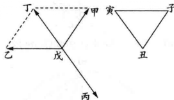


图 5-2-11

(2) 如果甲、乙、丙 3 个力作用于戊点，如图 5-2-12 所示，则 3 个力的合力为 25 磅。

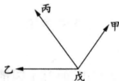


图 5-2-12

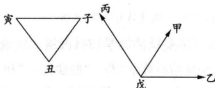


图 5-2-13

(3) 如果甲、乙、丙 3 个力以如下方式作用于戊点，如图 5-2-13 所示，则合力为$5\sqrt{21}$磅。

关于力的矢量性的理解，是晚清力学传播的一个薄弱环节，这一点也体现在《须曼精庐算学》中。

除《须曼精庐算学》之外，也有其他算学书，如阳湖方恺撰《代数通艺录》[①]也涉及了力学问题，如卷十五"重学原始"中讲到：

"算学大致其用有三，一曰行，一曰声，一曰力。凡各章各法及测量制造皆生于点、线、面、体。是目之所及，其理可推，总

① 方恺. 代数通艺录[M]. 刻本. 阳湖：方宾穆，1890(清光绪十六年).

归之于形。若夫五声八音十二律旋相为宫，以黄钟之宫定其高下，由高下而推其差，于是归之算学，非算学不能测准以定一代乐章。然此类是耳之所及，其理亦复可推，总归之于声。又若力主于气，气有轻重，因轻重而推其差，于是亦归算学，而有定力、能力、重力等类名目，西人名之为重学，总归之于力，西人另有专书，中国传译者尚少，今不妨就所知，传授其入门之法，试循揣其理可也。"

其中主要涉及了重心问题，如三角形重心、质点组重心（多重物悬于一直杆之上求其重心）、残积重心（正方形截去一部分，求剩余部分重心）等。

由以上分析可以看出，力的合成与分解、重心、落体问题受到中算家的重视。他们对这些问题的探讨，对于这些知识的传播起到了一定作用。

三、"课艺"中的力学知识

"课艺"即考试题目的书面解答。优秀的课艺，间有教师的"程作"或"拟作"，亦即范例，汇刻成帙谓之课集，或称课艺[1]。

晚清课艺很多，其中算学课艺为最。课艺的题目所涉及的问题应当能够反映当时对该学科知识的重视程度，课艺的答卷也能从侧面反映出答卷人对知识吸收、消化的情况。上海格致书院和北京同文馆是当时中国最高的学府，相当于大学水平，所以选择《格致书院课艺》和同文馆《算学课艺》来分析当时课艺对力学知识的覆盖，以及答题人对知识的掌握程度。当然课艺选择的都是优秀的答卷，其他一般试卷答卷的情况无从反映。

1.《格致书院课艺》

上海格致书院于 1876 年 6 月 22 日正式开院。书院运营主要由傅兰雅、徐寿、王韬操持。随着傅兰雅 1896 年赴美定居，徐寿、王韬相继去世，格致书院逐渐走向下坡，于 1911 年停办。傅兰雅的"中国文学与西方科学——格致课艺报告（Chinese Literati and Science: the Prize Easay Scheme Report）"[2]，对格致书院课艺的宗旨、操作方式及其影响等有详细的说明。指出上海格致书院课艺的目的是使中国知识分子学习西方的各

① 李兆华.晚清算学课艺考察[J].自然科学史研究，2006(4)：322—342.

② DAGENAIS F.傅兰雅档案：第二卷[M].桂林：广西师范大学出版社，2010：125—126.

种知识，从而使这些知识能够获得应用。

操作方式是格致书院课艺聘请高级官员命题、披阅，并出一定数目的钱给优胜者，每一季度都会在报纸上刊登新的题目及收稿截止日期，优胜者的文章还将在本地报纸上发表。每年末把每季度前 3 名优胜者及相关评论刻印成书，并免费赠与合作的高级官员及作者，其余的拿去销售。

格致书院季课始于 1886 年，止于 1894 年；特课始于 1889 年，止于 1893 年，命题次数共计 46 次，总计 86 题。《格致书院课艺》收录每次季课优秀答卷、题目、命题人姓名及评阅人的评语，逐年汇集印行，共编印成《格致书院课艺》15 册[①]。1897 年后，由于王韬的去世和傅兰雅的离华，书院考课活动受到影响，但根据 1901、1904、1906、1907 年度报告，考课仍在按期进行[②]。

"参加课艺的作者一般来自江苏和邻近的省份，也有一些中国边远地区的。事实上，在《申报》和《沪报》发行的地方，只要大家可以阅读到课艺的广告，就有知识分子参加这项活动……课艺的成功超过了当初的预想，这使得格致书院的影响更远、更广，使它不仅在知识分子中发挥作用，而且在高级官员中也发挥了效应，而课艺的成功应当归功于官员提供的宝贵合作及个人兴趣"[③]。可见，《格致书院课艺》在当时影响较大。

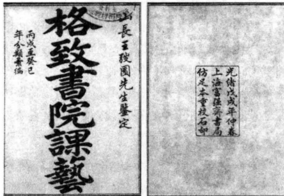


图 5-2-14 《格致书院课艺》

《格致书院课艺》(图 5-2-14)[④]是综合类课艺，收录了各门学科的课艺试题，包括富强类、格致类、测算类、农

① 行世的《格致书院课艺》有 2 种版本，一为清光绪十九年即 1893 年版，13 册；一为清光绪二十年即 1894 年版，15 册。清光绪二十年(1894 年)的课艺因王韬去世，由华籍董事赵元益编印。

② 沈立平.《格致书院课艺》中的科学内容研究[D]. 上海：上海交通大学，2009：8.

③ DAGENAIS F. 傅兰雅档案：第二卷[M]. 桂林：广西师范大学出版社，2010：125—126.

④ 王韬. 格致书院课艺[M]. 上海：富强斋，1898(清光绪二十四年).

事类、化学类、书院类等，力学题目较少，不过从仅有的几个题目也能做一些基本的分析。

《格致书院课艺》与力学内容直接相关的题目有2个，1个是落体问题，涉及斜上抛、斜下抛、平抛之间的比较，该题目为：

“问：枪弹去准必用抛物线法，今以二十四生时之弹平击敌船，当若干里？若斜向下击或斜向上击，各当若干里？究竟下击上击有何区别？果用何法乃能避其上击，乃不碍我下击？能精思其故，得其数，敷而详述之欤？又以开花弹子下坠平口与平击坚口，当用何术使之不失累黍，能考其用法欤？”

1个是关于晚清翻译西书的问题：

“太西格致之学与近刻翻译之书详略得失何者为要？”

下面对该题答卷中与重学相关的论述做简要分析，以观当时士人对这一学科的看法，以及他们对当时力学译著的理解程度。

此题收录了孙维新、车善呈和钟天伟的答卷，与力学相关的答卷内容如下：

孙维新的答卷：“重学为权衡之本，机器之根。近者有用于制造工程，远则可藉推天空诸曜……重学类有伟烈亚力著之《重学浅说》，艾约瑟译之《重学》，傅兰雅译之《重学图说》、《体性图说》。《重学浅说》止论静重学，助力器六种：曰杆、曰轮轴、曰滑车、曰斜面、曰劈、曰螺旋也。有图有说，浅近易明。

《重学》，英人故威立①著，艾约瑟与李善兰同译，同治五年刻于金陵，同治六年复出活字印本，与《重学浅说》并订一书。分二十卷，一至七论静重学，八至十七论动重学。后附流质重学三卷。其论格致理，兼明算学法，不惟有用于制器，并有裨于考天。盖重学者权衡之学矣，几何者度量之学也。昔西人以权衡之学制器，以度量之学考天，今则考天制器皆用重学矣。

《重学图说》刻于光绪十一年，外有大图一幅，按图缀论，浅简易明。首论六类器之理及推算之法。知无论何器，能增力不能增速，能增速者必费大力。复论机械动法，以明凡机器之繁，均藉六

① 此处应当是“胡威立”，可能是刻印错误。

类简器并合而成。此静重学也。

《体性图说》即动重学也，亦刻于是年，首论体质之重学性，次论各力。按说观图，极易明晓，二书乃初学之津梁也。重学之实用，可藉以造机器。”

龚照瑗评语：“各书俾阅者了然于心目之间，诚佳搆也。”

王韬评语：“此卷以讲求实学，故拨置冠军，若以文字言，尚有所未逮，盖滂沛有余，精警不足也。”

孙维新答卷的特点是对当时西方科学门类，各科所译著作如数家珍，非常全面，但就力学的理解而言，对静力学中的机械部分理解较深刻，其他部分以及动力学几乎没有论及。对《重学》的认识完全来源于李善兰《重学》序。另外，关于《重学》的版本的论述中只知重刻版，没提到初刻板（墨海书馆本）。

车善呈的答卷：“《重学》二十卷，其学分两科，一曰静重学，如权衡、轮轴、杠杆、滑车、斜面、螺旋、尖劈之类；一曰动重学，如流质、水火、风气、船舶、枪炮、圜球、秒摆之类。而其理之最要者有二，曰分力、并力，曰重心为动静二重学之枢纽。盖万物以重心为定，若二力加于一体令之静，必定于并力线；令之动，必行于并力线。故知分力、并力与重心而环绕摄动诸力，一切重理皆从此出，得其要领而重学思过半矣。其学无甚奥衍，而施之平常实用，俱有确证，真有用之书也。”

龚照瑗评语：“作者于西学诸书皆能贯通综核，论列详明，一一指其实用之所在……”

王韬的评语：“敷陈诸学贵在词句简炼，意义赅括集中，详者未免失之冗芜，略者未免挂一漏万。不克尽其词，此卷虽未能绝去诸弊病而命意遣词尚少枝蔓。”

车善呈的答卷没有孙维新的全面，但就某一部分，论述相对完整细致。认识到力的合成与分解、重心、万有引力是力学之根基所在，并认识到重学的内容“俱有确证”。其内容也基本来源于李善兰《重学》序。

钟天伟的答卷：“一曰重学。力有动静，动者遇力而静，静者遇力而动，两力相抵而止，两力相并而前。西人机捩之学胥本乎于此。盖力之为用广矣。顾论力之根源造始于太阳，由是而星月

之相摄有力，地心之吸动有力，波涛之捶压有力，风气之鼓盈有力，水蒸气则有涨力，火生热则有焚力，以及电有传力，物有化合之力，皆力之大较也。西人因创为助力、借力之器，于是一发之力可引千钧，一夫之手能移万石。爰考其制则分为七类：杠杆……。凡造钟表之摆锤、器具机簧，无不藉此七种而为之。近来翻译者有《重学》一书，其余附见于格致入门等书，不胜枚举。此重学之要也。"

龚照瑗评语："于西人各学皆能疏通而畅达之，笔致亦简洁明净，绝去支蔓允推合作。"

王韬评语："此卷以水、火、声、光、电、化、医八学为纲，而于声、光二学独缺如也，气学以水、火二力为功用，此于热学亦未之及，格致本源在算学，提纲中已先言之，而此别有专门，姑置之未及，辅以一二语，亦属疏漏处。惟作者于西学已自入门，能窥其大要矣。"

钟天伟的答卷特征是将不同书之内容贯穿，对力之分合、万有引力以及机械部分有较深入的认识。

从上述 3 人关于翻译西书的答卷中可以看到，《重学》一书为大家所了解，每一份答卷中都提到该书，对于书中的力的合成与分解、机械部分有基本的了解，其他内容少有涉及。而且对《重学》的认识的论述大多来源于李善兰《重学》序。另外，对重学的一个共同的认识即"实用"。"重学之实用，可藉以造机器"，"凡造钟表之摆锤器具机簧，无不藉此七种"。王韬对上述答卷的评语比较翔实、客观，抓住了问题的要害，如王韬对孙维新卷的评语"滂沛有余，精警不足"，对车善呈的评语"意义赅括集中，详者未免失之冗芜，略者未免挂一漏万"等，说明王韬对当时翻译西书的门类，内容非常熟悉。

2.《算学课艺》

(1)《算学课艺》概述

《算学课艺》4 卷①，是李善兰在同文馆执教期间的教学总结。该书由李善兰阅定，席淦、贵荣编次，熊方柏、陈寿田、胡玉麟、李逢春同校，于清光绪庚辰年(1880)刊行(图 5-2-15)。《算学课艺》收录 52 位学生的课艺，总

① 席淦等. 算学课艺[M]. 北京：京师同文馆，1880(清光绪六年).

计198题。总教习丁韪良序称："开馆以来十有余载，兹由副教习席淦、贵荣等将所积试卷选辑四帙，颜曰《算学课艺》。"

《算学课艺》4卷。按照排列顺序，第一卷50题，其中天文学20题、力学30题，其余3卷为数学，其中第二、三、四卷的数学题分别为46题、42题、60题。《算学课艺》涉及范围很广，包括中国传统数学、西方数学、天文学和力学等内容。"凡天文、地理、火器、测量均为切实之要端"，"其题以弧角、重学、勾股为最多，颇有精理"。（丁韪良序）

（2）《算学课艺》中的力学问题

《算学课艺》中的力学题集中在第一卷，但在第一卷的天文学和第二、三、四卷的数学中也有少量内容涉及力学的知识。例如，天文学中的第32、33题，这2个题目是万有引力定律的应用，主要涉及不同天体的重力加速度，也是力学的探讨问题。又如，在数学中的第31、34题，分别为重心和比重问题，也涉及力学知识。因此，总体上有34个力学问题，占到了全书内容的17%。

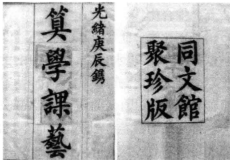


图5-2-15 《算学课艺》

另外，书中还有一题多解的情况。例如，席淦和杨兆鋆分别用了不同方法对于第15、16，2个重心的问题给予解答。

为什么在"算学课艺"中录入相当数量的力学问题，丁韪良在该书序言中写到：

"盖格物为算学之用，而算学为格物之本。故学算而不及格物则虚薄而无凭，格物而不藉算学则浅尝而不入。譬诸凿井者，其器不利，仅得石罅之细流，利则通泉脉而达重渊。器之为用大矣哉！太西格致之学日兴者无他，亦只善用古人之器而已。顾当时创术者不过慕其理之真切，初未料为用如是之广。甚有谓算数为五行外别创世界，骛于高论而不屑用于俗事，殊不知算学之窔奥正寓于事物之寻常，虽匠氏之规矩准绳尤不及也。希腊地处偏隅，舟楫未出大洋，今航海者本其测算之术，履险如夷。在希人不

过研究弧角之理，又何尝思及通商海外乎？是知实学原无求效之心，而利益自在其中矣。近代攻格致诸学者知算学利国便民，于古人所遗法度，推广以阐其微，则是别创世界之中著开疆拓土之功，不啻以远镜窥天而觉天高于古，以轮艘渡海而觉地广于古也。观夫以代数用于几何、勾股各种曲线，以微积用于各面、各体游刃于虚，势如破竹，不但格致制器等学标新领异，即算学亦极深研几。好事者设会，共相策励，月刊、算报以传播难题妙法，其用心洵可嘉矣……同文馆内分设专馆以攻历算格致诸学，殆深知富强之道寓于此焉。”

上述引文表达了数学与其他格致之学的密切关系，寻常事物中蕴育的数学道理，数学在解决问题时的功效，数学与国之富强的关系。这里把数学作为了格致之学与富国强民之根本。而力学是制器之学，天文学是测天之学，这些学科“均为切实之要端”，故《算学课艺》中的力学与天文学问题可以展示数学的妙处。

《算学课艺》中涉及的力学问题如表 5-2-4 所示。

表 5-2-4 《算学课艺》中涉及的力学问题

题目内容	类别	作者
1. 有半球体，求重心。	重心	王钟祥
2. 半周有质弧线，求重心。	重心	王宗福
3. 有半圜截去六十度，截线正交圜径，求残积重心。	重心	王宗福
4. 有铜版长六尺，广二尺，一头去一径一尺四寸之圜面，圜周距长广边三寸，求重心距圜周若干。	重心	承霖
5. 有端砚一块，长一尺，宽五寸，厚二寸，作一圆，距三边各五分，深一寸二分，求重心距各边若干。	重心	博勒洪武
6. 有二半球，径十二寸，紧合沉水十二丈，试推其所受压力，并需力若干方向对面拉开。	液体压强	胡玉麟
7. 有一石穿一大孔，改作井阑，球半径二尺，重千斤，井口径一尺六寸（即孔径），求阑重若干。	重心	陈寿田
9. 有钢条放于半球形之盘内，倚旁而斜立，盘宽二尺，链条与地面成三十度，试推其长若干。	刚体平衡	杨兆鋆

（续表）

题目内容	类别	作者
10. 有圆锥木体，其质重与水重比若三百四十三与五百一十二比，倒置水面，其中线入水十四寸，求不入水尚有几寸。	浮力	汪凤藻
11. 有国王有黄金六百两，令工造玺，疑其馋银，令博士验之，入水失重四十四两，试推馋银若干，并详其验法。	浮力	贵荣
12. 有杆长二十七尺，以人力百斤，欲移动千二百五十斤之石，试推其倚所当在何处。	杠杆	杜法孟
13. 有勾与股形曲杆，倚点在直角，勾三，股四，重七斤，勾端悬重一斤定于何方向。	重心	贵荣
14. 有铁锤四，其重如三、四、五、六之数，取一点悬之，令弦平于地平，其法若何？	重心	杜法孟
15. 有勾三股四勾股，欲于股上取一点悬之，令弦平于地平，其法若何？	重心	席淦 杨兆鋆
16. 有勾八股十五勾股面，于弦取两点令悬之，一勾平如地平，一股平如地平，其法若何？	重心	席淦 杨兆鋆
17. 有炮膛径尺五，若以铁较水重八倍，求其炮子轻重若何？	比重	贵荣
18. 有炮子向上直放二十秒，始落，求其升高若干，并作图明其理。	竖直上抛	文续
19. 有一炮其最远界二十里，移于高山顶，高出平地四十里，下测一敌营，需用四十五度方向能及之，求营距炮若干远。	斜抛运动	王宗福
20. 有炮子，平速一秒五里，求最远界若干？	平抛	黎子祥
21. 有炮子重四两，出炮口一秒行二千尺，求其力若干？	动能定理	汪凤藻
22. 于高山顶平发一炮，历二刻五分，铅子始及地，求山高若干？	平抛运动	汪远焜
23. 有甲乙两球皆七分凸力，甲重一两，一秒行十七尺，乙重七钱，一秒行六尺，对面相击，求二后速。	非完全弹性碰撞	杨兆鋆
24. 有雕自塔尖下飞集于地，其处距塔底三百十四丈一尺五寸九分，求塔尖高若干。	抛体	汪凤藻

（续表）

题目内容	类别	作者
25. 凡悬轮其每点所具之力按距轴心自乘正比，其理若何？	刚体转动	汪凤藻
26. 有滑车两边悬二重，一，十斤，一，二十五斤，重者下行，轻者上行，求第一秒各过若干路。	牛顿运动定律	长秀
27. 有滑车以一索悬重，二重于两旁，甲重八两，乙重三两，求第一秒甲乙下行尺寸若干。	牛顿运动定律	汪凤藻
28. 有物下坠数秒，而末秒之路为全路三分之一，试求其秒数。	自由落体	时永清
29. 崇崖坠石，逾十秒始闻其声，试推其高若干。	自由落体	左秉隆
30. 有轮船自上海至吴淞往返八十里，需时三点钟，潮水每点钟行二十里，求船行之速。	速度的合成与分解	博勒洪武
31. 不等面立三角，求重心，其法若何？	重心	汪凤藻
32. 日月五星其面上摄力大小不等，求测算公式，并推物在日地轻重比例。	万有引力定律	贵荣
33. 假如地上之物移至各星，必改轻重，试言其比例公式，且做图解。	万有引力定律	胡玉麟
34. 制球形炸炮，径一尺二寸，厚三寸，求需铁若干？	比重	李逢春

(3)《算学课艺》中力学问题的特点

第一，涉及的内容广泛。

《算学课艺》涵盖了《重学》中的大部分主要内容，也基本覆盖了晚清传入的大部分经典力学的内容。在 34 个力学问题中包含了静力学、动力学、运动学的内容。最多的是抛体和重心问题，均为 10 个。另外，还涉及万有引力定律 2 个、流体力学 3 个、简单机械 3 个（直杆、曲杆、轮轴）、比重 2 个，碰撞问题、速度的合成、动能定理、刚体平衡等各 1 个。

第二，《算学课艺》中的力学知识难度较大。

从知识的难度上看，《算学课艺》虽没有达到《重学》中内容的复杂程度，但也涵盖了《重学》的大部分问题，不仅包括初等水平、中等水平的力学问题，如重心问题、碰撞问题、运动的合成与分解、抛体问题等，也涉及高等水平的力学知识，如刚体的转动等。例如第 25 题，“凡悬轮其每点所具之

力按距轴心自乘正比，其理若何？”汪凤藻对该题的答案是：“力$=\frac{二}{角速}\times$质重×半径^{二}。”这里的力是现在的力矩，角速是角加速度，质重为质量，表达为现在的公式则是$M=\frac{1}{2}mr^2\beta$，$\frac{1}{2}mr^2$为圆盘绕过质心的轴的转动惯量，β为角加速度。此题涉及到刚体转动的动力学方程。这部分内容是晚清力学传播的薄弱环节，自《重学》传入之后，除了在《实务通考》中有所涉及之外，其他编译书籍中少有提及①。

第三，《算学课艺》也比较注重知识的更新。

李善兰是《重学》的译者，对《重学》中的内容有较深入的理解和研究，正因如此，他能够将力学问题自如地应用于他的数学教学。但是，李善兰并没有只局限于《重学》中的知识，他在教学中也注重吸收在《重学》之后传入的新知识。例如，《算学课艺》中涉及了动能定理，其中的动能就采用了较新的表达形式。动能定理在19世纪30年代之后才有完整表述，而李善兰翻译《重学》时，《重学》中的动能的表达还只是mv^2，但在第21题，“有炮子重四两，出炮口一秒行二千尺，求其力若干？”汪凤藻的答卷中却有完整的表述，例如，力=重×高，高$=\frac{二地力}{速^{二}}$，这里的“力”应当是力所做的功，这2个公式的现代表达为$W=mgh=mg\times\frac{v^2}{2g}=\frac{1}{2}mv^2$，相当于初速度为零的动能定理。这说明在教学中，李善兰不仅传授他所翻译的《重学》中的内容，还注意知识的更新。

第四，《算学课艺》中的术语和表示方式。

《算学课艺》中的术语和表示方式基本沿用了《重学》中的术语和表示方式。仍然用到中国传统数学中的天元术，用天、地、人、物表示未知数，分数的表示法仍然使用分子在下、分母在上等，这与李善兰翻译的《重学》、《代微积拾级》等著作的符号使用基本相同。术语也大部分使用了《重学》中的术语，如“重距积”（力矩）、“地力”（重力加速度），“倚点”（支点）、“凸力”（弹性力）、“最远界”（射程）等。

《算学课艺》中试卷的作者从师于李善兰，丁韪良对他们的成就大加赞

① 聂馥玲. 晚清《时务通考》对西方力学知识的传播[J]. 力学与实践，2012(1)：111—115.

赏："阅者于诸生造诣亦可略见一斑，是皆李壬叔先生教授之力也。呜呼！合中西之各术，绍古圣之心传，使算学复兴于世者非壬叔，吾谁与归？将来果能开历算之科以取士，定见奇才辈出，而天下儒林亦莫不肄业及之，则防海御边诸策皆不期而自备亦。"①

从上述分析看出，《算学课艺》所涉及的力学内容全面，而且也达到了一定的难度，特别是动力学中的抛体问题、碰撞问题、刚体转动问题等都有涉及，这在当时的力学教学中大概是少有的。不过，从问题所涉及的内容来看，重心问题、抛体问题在当时受到了特别的重视。这两类问题的总数超过了全部力学问题的三分之二，这一点与晚清力学传播的整体情况是一致的。

第三节　学者对《重学》的解读与研究

一、李善兰对《重学》的研究

1. 李善兰的《火器真诀》

《火器真诀》是李善兰翻译《重学》后，对《重学》中的抛物运动进行了研究，用中算家熟悉的平圆知识解决抛物运动的研究成果，成书于 1859 年。该书引起了一批中算家的研究兴趣，对抛物运动的理解与传播产生了重要的影响。

对于《火器真诀》，已有一些研究成果发表。例如，刘钝的"别具一格的图解法弹道学——介绍李善兰的《火器真诀》"②，介绍了《火器真诀》的内容并对其作图的科学性给予评价；李斌的"中国古代文献中的弹道学问题"③，介绍了自《火器真诀》之后，中算家对抛射问题的研究；高红成的"西

① 《算学课艺》序。参见：席淦等. 算学课艺[M]. 北京：京师同文馆，1880(清光绪六年).

② 刘钝. 别具一格的图解法弹道学——介绍李善兰的《火器真诀》[J]. 力学与实践，1984(3)：60—63.

③ 李斌. 中国古代文献中的弹道学问题[J]. 自然辩证法通讯，1994(3)：53—58.

方数学在中国的传播与中算家的知识结构——以中算家的圆锥曲线说为例”①，对《火器真诀》的内容从数学角度做了解读，等等。

《重学》第十一卷“论抛物之理”，有7款的内容对抛物运动，物体在地平面上、斜面上的射程、射高、最大射程与抛射角间的关系等问题进行了详细的介绍，并给出了相应的定量表述。李善兰以上述内容为基础，对炮弹在平面或斜面发射时的发射角与射程间的关系，用平圆知识进行了解读，并给出相应的图示，通过12款表述出来，此即为《火器真诀》。李善兰在《火器真诀》“自识”中云：“凡枪炮铅子皆行抛物线，推算甚繁，见余所译《重学》中，欲求简便之术久未能得，冬夜少睡，夜于枕上反复思维，忽悟可以平圆通之，因演为若干款，依款量算，命中不难矣。”

高红成对《火器真诀》的第三款到第十二款的数学方法进行了解读，认为《火器真诀》抛开《重学》原文叙述、代数形式的推证及动力学的知识背景，“以量代算”，实质上为《重学》中求解平面、斜面抛射问题的射程、最大射程的问题建立了一个几何模型，用中算家熟知的知识对抛物运动的规律进行全新的“拟合”。

抛物线的知识是随着《代微积拾级》和《重学》等译著在中国传播的，这些知识对于中国人而言是全新的、陌生的。李善兰避开了当时中国人不熟悉的知识和方法，用圆的方法解读抛物运动的知识，以便让更多人理解抛物运动的规律。高红成指出：“这恰恰也反映出传入的西学在中国传播的一个特征：中算家依靠自身的知识结构对西学进行解读使之便于理解、消化、吸收。”他还通过实例分析认为，李善兰以平圆知识解读抛物运动可能受到《重学》中的一些例题的启发。通过李善兰的解读降低了抛物运动知识的难度。这无疑对当时传播抛物运动的知识提供了一种便捷的途径。

2.《火器真诀》的影响

李善兰所提出的图解法则，是用中算家熟悉的平圆知识，而不是陌生的抛物线知识，其解读是创造性的学习西方科学知识的成果。继此书之后，有不少中算家对李善兰独创的几何法弹道数学的研究表现出了极大的兴趣，吸引了一批研究者。这些研究者在李善兰12款的基础上，针对《火

① 高洪成. 西方数学在中国的传播与中算家的知识结构——以中算家的圆锥曲线说为例[D]. 北京：中国科学院自然科学史研究所，2007：78—88.

器真诀》中的问题，进行了不同程度的补充。

华蘅芳对抛物运动进行了研究后认为，李善兰在《火器真诀》中“以量代算”不利于知识的传播，于是著《抛物线说》。该书主要针对《重学》的抛物运动的内容，结合动力学知识，用几何学语言，结合“四率比例”的形式给出了抛物运动的相关结论。

沈善蒸也认为，《火器真诀》“只有图而无算法，不通几何者不易学习”，故在其《火器真诀解正》(1866)中将求解射程、射角等内容改写成“四率比例”的形式。卢靖于清光绪甲申年(1884)著《火器真诀释例》也采用了同样的方法。

研究抛物运动的著作还有熊方柏于 1876 年写成的《火器命中》，丁乃文的《炮法举隅》、《炮法图解》、《炮法画谱》诸书，均是对李善兰著作的进一步发挥和补充。1903 年，邓昌写成《炮准算法图解》，于 1910 年呈军咨处，被列为“高等算学教科书”之一。在这之前，邓昌著有《火器演草》2 卷，以平面射击、倾斜射击问题立题。此书，解法亦“不藉平圆而藉抛物线”，以其多非平圆所可通，并“准重学之理”。这里的方法已与西方近代弹道学的解法完全一致。李善兰、卢靖、邓昌等人对弹道学的研究，主要是从数学的角度，并未考虑空气阻力等影响射程的因素。熊方柏的《火器命中》卷二，已言及空气阻力和风力、风向会影响弹丸的实际射程。书中还介绍了以一种“权风表”测定风力，以比例方法推算因风阻力而减小的弹丸射程①。

通过李善兰等诸多中算家对抛物运动的研究，使得西方抛物运动的知识得到了很好的理解与传播，这一点从以上对《重学》的传播的论述分析中可以得到证实。晚清力学知识传播最充分的是重心、机械和抛物运动，就重心和抛物运动而言，与中算家的努力是分不开的。

二、顾观光对《重学》的研究

王燮山的“中国近代力学的先驱顾观光及其力学著作”对顾观光的力学著作进行了研究，指出了顾观光在《重学》基础上的独创工作。其后，李媛也对顾观光的几篇力学著作的内容及其独创工作进行了分析。

---

① 李斌. 中国古代文献中的弹道学问题[J]. 自然辩证法通讯，1994(3)：53—58.

1. 顾观光生平

顾观光(1799—1862)字宾王,号尚之,别号武陵山人,清朝数学家、天文学家、医学家,金山县钱家圩人。弃科举以行医为业,诊病之余,研究中国的历法和数学名著。主张"中西之法可互相证,而不可互废"。他对古代天文学的研究有独到之处,所著《周髀算经校勘记》,对古代天文学名著《周髀算经》存在的27处文字错误做了订正,对于一些以节气推时间方面的错误也加以纠正,并写下了《读周髀算经书后》。他将中国历代的历法与西历、回历一一加以比较,探求用新的方法来计算古历法中闰年误差日的数值。

顾观光侧重于中西数学的研究,他用自己的方法求得了"二至九"的对数。他对当时的数学家研究成果与西方数学对比,提出了许多有关圆、级数、对数求解和对数造表的补充意见。写出《算剩初编》、《算剩续编》、《算剩余稿》、《九数外录》等著作。在医学方面,他辑《神农本草经》3卷刊行于世,撰写《伤寒杂病论集》,后者刊入《武陵山人遗书》。

顾观光还校订了许多历史书籍以及西学著作,其中包括李善兰翻译的《几何原本》后9卷、《重学》。他的《九数外录》(1874年江南制造总局印行)所辑的10篇文章有6篇是关于数学的,4篇是关于力学的。这4篇力学文章的题目是:"静重学记"、"动重学记"、"流质重学记"、"天重学记"。这些文章是他研读了《重学》和《谈天》之后写成的,前3篇的为力学,第四篇为天文学,《清史稿》和诸可宝《畴人传三编》中都有他的传记。《清史稿》对他的评价是:"盖于学实事求是,无门户异同之见,故析理甚精,而谈算为最云。"①

顾观光著述颇丰,多因战乱散佚。其好友张文虎不忍其遗书湮没,遂多方筹措资金,将其天文学、数学、医学、典籍校勘等几方面论著结集为《武陵山人遗书》,于清光绪九年(1883)由独山莫祥之刊刻,使他的学术成果得以传播。莫祥之在为《武陵山人遗书》作序时也慨叹顾氏的学问:"皆能广引曲证、疏其是非,在乾降朝不在戴东原、钱晓徵下,而天算之学实过之。"②

---

① 赵尔巽等. 清史稿[M]. 北京:中华书局,1977:13998—14001.

② 《武陵山人遗书》序。参见:顾观光. 武陵山人遗书[M]. 刻本. 独山:莫氏,1883(清光绪九年).

2. 顾观光力学著作中的独创性

顾观光对《重学》中大部分静力学和动力学知识进行了简述，全篇语言简洁、准确，省略了《重学》中大量繁琐的证明过程和计算过程，只对其中的核心知识及《重学》中的部分结论进行概括。就“静重学记”和“动重学记”而言，在编写体例和编写次序上，均依据《重学》。粗看起来，似乎近于《重学》摘记，但在细读和研究以后，发现其中贯串了作者的独创工作，很多地方甚至超越了《重学》。

(1) 顾观光对《重学》中知识的补充

王燮山的研究指出，在“静重学记”和“动重学记”中，顾观光根据自己的研究，对《重学》的一些内容做了补充。例如，在重心部分，他补充了关于任意四边形重心位置的求解方法，补充论述了截头尖锥体的重心位置的求解方法。李媛的研究指出，顾观光还补充了圆台的重心位置的求解方法，在“动重学记”第四节中，增加了关于两球相击的重心问题的研究。

(2)顾观光在解决运动学问题中方法上的独创

王燮山的研究发现，在“动重学记”的第六节中，在涉及到匀速运动路程的求解时，利用了求长方形面积的方法求路程：“平速动成长方形，速为阔，时为长，则路为长方积。”这一方法即现在的运用速度一时间图像中用面积法求解匀速运动位移的方法。另外，顾观光还介绍了求解匀加速运动的速度、位移的独特的方法：“渐加速动成堑堵形，力为高，时为长与阔，则速为长方积，路为堑堵形积。”此处所谓“力”是“力率”之简称，即加速度。所谓“堑堵形”即是楔形体。如图 5-3-1 所示，王燮山将这一段论述转化为：以时间 t 为长与阔，以加速度 a 为楔形体的高，则楔形体的底面积为速度 $v=at$，楔形体的体积即为路程 $s=\frac{1}{2}at^2$。并指出：“这两段论述，《重学》原书中均无，是顾观光在编写时经过研究后添入的。以长方形表述匀速运动的规律和以后的物理学教科书不谋而合，而以楔形体来表述匀加速运动的速度规律和运动规律，则是顾观光的独创。”①

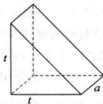


图 5-3-1 图来自王燮山文

① 王燮山. 中国近代力学的先驱顾观光及其力学著作[J]. 物理，1989(1)：56—60.

3. 纠正的知识

王燮山在“中国近代力学的先驱顾观光及其力学著作”中指出，顾观光对《重学》中的重力加速度的值进行了纠正，并推测顾观光可能根据单摆的知识亲自测定了重力加速度的值。《重学》中给出的重力加速度的值是“二十七尺六寸”，如果按照晚清时一尺＝0.32米，换算为米，则有 $g=8.83\ \mathrm{m/s^2}$。而顾观光给出的是“于一秒中测物之下坠，凡十六尺又万分尺之六九七。倍之为一秒之地力”，$s=\frac{1}{2}gt^2$，$g=\frac{2s}{t^2}$，即重力加速度为 2×16.069 7 尺/秒^2，将其换算为米，则为 10.28 米/秒^2。该文认为，顾观光提高了重力加速度的精确度。

事实上，这有可能是度量衡的换算关系问题，顾观光的重力加速度值很可能是使用了与李善兰不同的换算关系。这是因为，晚清的度量衡比较混乱、名目繁多、漫无准则，就长度单位的尺而言就有“关尺”、“部尺”等等，而且关尺与部尺相差很多，关尺 1 尺合部尺 1.118 75 尺。部尺即“营造尺”，长 32 厘米，则 1 关尺＝35.8 厘米。李善兰译书时所使用的和顾观光计算时所使用的是哪种度量衡，不得而知。如果按照关尺换算，《重学》中的“二十七尺六寸”合 9.88 米，与平均加速度的值比较接近。

另外《重学》是译著，其中的数据来源于 *Mechanics*，《重学》讲到在伦敦，物体在真空中“下落一秒”行 193.14 英寸，或 $16\frac{1}{10}$英尺，则重力加速度为 32.2 英尺每秒平方①，《重学》即是将这一数据译为“二十七尺六寸”。在英制中，中国的一丈合英制 141 英寸，一尺合英制 14.1 英寸，一尺合英制的 35.8 厘米②。如果按照上述换算关系，32.2 英尺＝32.2×12 英寸＝378.4 英寸，合 27.4 尺，与李善兰的数据相仅差 0.2 寸。李善兰所用的换算关系大概与此接近。实际上，晚清力学著作中的重力加速度值非常混乱，除了上述二者不同之外，其他力学书籍中的重力加速度值也不完全相同，如《格物测算》中是 32 尺 2 寸，《科学大辞典》③中是 32 尺。

由此可以说明，这里的重力加速度的值不同，很可能是一个度量衡问

① WHEWELL W. An elementary treatise on Mechanics: designed for the use of colleges and universities[M]. Cambridge:Cambridge University Press,1833.

② 丘光明，邱隆等. 中国科学技术史：度量衡卷[M]. 北京：科学出版社，2001:435—436.

③ 人文出版社编委会. 科学大辞典：第一册物理[M]. 台中：人文出版社，1981:63.

题，即由于使用了不同的换算关系导致了上述重力加速度值的差异。

4. 改编

王燮山还指出，顾观光就《重学》对问题的论述，做了大量的改编、概括和归纳工作，其中有的改编、概括和归纳是相当成功的。这种例子在“静重学记”、“动重学记”和“流质重学记”中比比皆是，并且以“并力、分力”和“论动体绕定轴转动”为例进行了说明，尤其是对于后者，顾观光说：“（物体内）诸点之距轴线为弦，各以质重乘弦幂而并之，即诸点之质阻率。”“力乘距幂为实，质阻率为法，实如法而一，即（力作用点之）实生力也。”图 5-3-2 相当于现在的如下 2 个公式：

质阻率：$I=\sum m_i r^2$；

外力作用点之实生之力（率）：$a_\tau=\dfrac{Fd^2}{I}$。

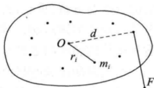


图 5-3-2 图来自王燮山文

顾观光以简练的语言表达了转动惯量和刚体绕定轴转动的动力学方程。这说明他对《重学》中内容有非常深刻的理解。

从上述分析可以看出，顾观光不是对《重学》的简单节录、概括，而是对《重学》进行了仔细的研究，不仅深刻理解了原文的内容，而且在原文的基础上还有创造，尤其是动力学知识，是中国人以前闻所未闻的，完全是陌生的。顾观光能对这些知识做出上述理解，实属可贵。

不过，顾观光这几篇力学文章，整篇没有插图、没有证明、没有演算，这种叙述方式可能对于掌握核心概念和内容有积极的作用，但对于一些较为复杂的内容而言，这种叙述方式对于理解文中的内容可能会造成障碍，不利于知识的传播。

三、汇编丛书对晚清力学知识的理解与重构

晚清汇编丛书都是对当时已有的西方科学译著的内容进行选择、整理，然后重新根据丛书自身的体系编纂而成。在编纂过程中，对原著的内容、知识体系及叙述方式都有不同程度的选择与改写，其中《时务通考》内容全面，在知识体系上也有自身的特色。这里以《时务通考》为例说明该书对晚清传入的力学知识的理解与重构。

1.《时务通考》的特点

(1)《时务通考》的知识体系

鸦片战争之后，经典力学的传播以《重学浅说》流传最广，以《重学》传播内容最为丰富，这 2 部力学著作都明确了力学的知识体系，即力学分为“静重学”和“动重学”。但是在当时，人们对传入的力学知识体系的理解非常有限①。后来汇编的丛书，如《西学通考》和《续西学大成》等，虽然也基本上是“静重学”、“动重学”的学科分类体系，但实际内容不够全面，有些分类也较为混乱，如《西学通考》的“重学考”，静力学部分只涉及了机械部分，力的合成与分解、重心，其他与平衡相关的问题都没有包括在内；动力学部分只涉及了匀速运动、匀加速运动和圆周运动，其他如碰撞问题、功和能问题和刚体的转动问题没有涉及。

与同时期出版的其他汇编丛书相比，《时务通考》的力学内容体系有其自身的特点。该书没有按照当时的静力学和动力学的分类体系组织内容，而是把与机械、机器相关的归为“器类”、与重力、重心相关的归为“重类”；把与各种力相关的归为“力类”，把与运动有关的归为“动类”；把与曲线相关的归为“曲类”等等。这种分类方法与《奇器图说》中的分类方法类似。例如，《奇器图说》将“力艺”分为“四解”，即“详解有四端，列为四卷”，并解释了分为 4 卷的原因，具体内容如表 5-3-1 所示。

表 5-3-1 《奇器图说》各卷名称②

第一卷　重解	此学为运重而设。倘无重，何必运？且将何运？故重之解列为一卷。
第二卷　器解	重不得起，须用器而起，器不一而足也。器之中又求最巧器。故器之解列为一卷。
第三卷　力解	巧器用于起重、引重、转重，固矣。然器必借力而运，或人力、马力，或风力、水力，或即借重物之力，故力之解为一卷。
第四卷　动解	有重于此，或欲升之高，或欲致之远，或欲令其转旋往来而不已，此皆运动法也……故动之解列为一卷。

《时务通考》没有对该书的分类方法予以说明，但从具体内容上看，有

① 聂馥玲，郭世荣. 晚清西方力学知识体系的译介与传播——以“重学”一词的使用及其演变为例[J]. 自然辩证法通讯，2010(2)：65—70.

② 张柏春，田淼. 传播与会通——《奇器图说》研究与校注：下篇[M]. 南京：江苏科学技术出版社，2008：52.

可能是受到《奇器图说》的这种分类方法的影响，只是到《时务通考》的成书年代，力学的内容远远超出了《奇器图说》中的内容，所以增加了“定类”、“质类”、“曲类”和“原始”，但就“重类”、“器类”、“力类”、“动类”几部分的内容而言，也与《奇器图说》中相应的内容已有了很大的不同。

（2）《时务通考》的内容编排

《时务通考》的内容组织形式是把各部分知识分解成若干知识点，然后对知识点逐条解释。兹以“器类”为例来说明。

“器类”即机械类知识。机械部分的知识在明末清初已经传入，晚清进一步传播了其原理及其应用部分的知识。这部分力学知识在晚清的传播是最充分、最广泛的，受到广泛重视，凡涉及力学的著作几乎无一例外、或多或少地要涉及这部分知识，但大多只涉及机械部分。《时务通考》之“器类”不仅涉及了机械，同时还涉及了机器的功、功率等，以及一些常用器具的基本原理。《时务通考》将这些与机械、机器相关的知识分解为 117 个知识点，分别对各个知识点进行解释、说明，具体涉及的知识点，如表 5-3-2 所示。（表中序号是本书作者所加）

表 5-3-2 《时务通考》“器类”知识点

1. 强运器之名	2. 用器三事	3. 凡器各有面阻力	4. 器能力待人而显
5. 诸器利用	6. 诸器之程功	7. 诸器倍功之说	8. 助力器不能生力
9. 助力器具之用	10. 助力合器求合力重速合力重比例	11. 合器省力之证	12. 简器繁器
13. 原器次器	14. 七器之名	15. 七器之用	16. 器之形象
17. 求合器助力	18. 直杆有三种	19. 计直杆之力	20. 杠杆在人肢体
21. 杠杆有揭、挑、提之名	22. 杆重心不动	23. 天平三要事	24. 天平针心三在
25. 曲杆之能	26. 定曲杆法	27. 曲杆与直杆异	28. 叠杆名义（一名繁杆）
29. 求叠杆法	30. 测鹤颈秤之用	31. 动静滑车之用	32. 滑车费力之故
33. 静滑车不能省力	34. 求单滑车之重力	35. 连滑车之用	36. 连滑车省力

（续表）

37. 求三种连滑车之重力	38. 求诸滑车长加力之率	39. 滑车不如轮轴	40. 圜体三种
41. 圜体三类之用	42. 轮子常用者有八种	43. 轮辋各式	44. 轴有三种
45. 轮轴之式	46. 轮轴之用	47. 轮轴连用之力	48. 轮轴与杆理同
49. 齿轮之式	50. 求齿轮法	51. 外轮之用	52. 轮轴连用之力
53. 轮轴与杆理同	54. 古人不知斜面之理	55. 测斜面之力	56. 凡重与斜面诸力增大之例
57. 斜面之用	58. 劈之名义	59. 计劈面之力	60. 劈面难推者三
61. 劈之用最多	62. 劈力破物	63. 劈与杆同	64. 劈与斜面异同
65. 藤线器三类	66. 螺旋有二种	67. 用螺旋线	68. 测螺旋之力
69. 螺旋加柄之力	70. 螺旋发力不变之故	71. 欲止螺旋转动之力最大	72. 用螺旋兼用杆
73. 螺旋与斜面同	74. 大轮器三种	75. 大轮车动心轮与静心轮用力相同	76. 求大轮车所程之功
77. 火轮车程功迟速之故	78. 求火轮车平速行推机之抵力	79. 火轮车平动变速之故	80. 火轮车抵力大于面阻力
81. 求火轮车之能率	82. 火轮推机次数	83. 推机上抵力可求	84. 求大抵力火轮当程之功
85. 大抵力火轮车推机进退之故	86. 大抵力火机之用	87. 风抵力火轮进退成动	88. 大抵力风抵力二火轮用煤之较
89. 水轮所程之功与速立方成比例	90. 求水击上下半轮当程实程之功	91. 人力与火轮煤能之较	92. 车行斜面牵力之率
93. 车过阻物力之理	94. 车行消阻力之力恒有比例	95. 车过阻物行直线弧线之故	96. 用钢垫无减速之故
97. 车行用钢垫较无钢垫之力省	98. 验车马之力	99. 车马行动有离中力之故	100. 行车行舟之牵力率

（续表）

101. 海舶水桶有通气口之故	102. 恒升车内气闸利用	103. 恒升车内用气闸能令水流不息之故	104. 恒升车通增减之速
105. 平准器之用	106. 烧酒平准之用	107. 风雨表可以济平准所不能	108. 寒暑表水沸热度有小变之故
109. 水橐籥①之用	110. 水橐籥抵重加大之法	111. 助口管用法	112. 助口管妙用
113. 测倒气机管之体质涨力与风枪同理	114. 倒器口有风气抵力之证	115. 室管胜力之用	116. 空管致用之证
117. 引水器必用平面			

表 5-3-2 中的知识点大致可以分为三类。第一类 1—75 是关于简单机械、复合机械；第二类 76—100 是关于机器的牵引力、摩擦力、机器的功、功率、效率等；第三类 101—117 涉及部分与“器”相关的气体力学、流体力学知识及应用这些知识的器具。从表 5-3-2 中可以看出，知识点分解得很细，例如杠杆，分为杠杆的种类（3 种）、杠杆力的计算方法、人体中的杠杆等，其中“揭、挑、提”3 种杠杆是明末清初的提法，到晚清时已经很少使用了。又如滑轮，涉及了滑轮和滑轮组的用途（“动静滑车之用”、“连滑车之用”），滑轮、滑轮组省力的原理（静滑车不能省力、滑车费力之故、连滑车省力），滑轮和滑轮组重力的计算方法（求单滑车之重力、求三种连滑车之重力），还比较了滑轮和轮轴（滑车不如轮轴）的异同。这些知识点较全面地反映了这部分知识的核心内容。另外，这部分内容还涉及了一些常用器具的用途、简单原理，如“测鹤颈秤之用”、“水橐籥之用”、“水橐籥抵重加大之法”等。

从字面上看，机械、机器归于一类是没有问题的，但表 5-3-2 中 76—100 的若干知识点，涉及了发动机的牵引力、功、功率等知识，从知识的内

① 橐籥，古代冶炼用的鼓风器具。

在逻辑关系来看，这部分知识涉及了牛顿第二定律等动力学知识；而 1—75 的知识点，机械部分涉及了静力学问题，这两部分解决问题所遵循的力学原理不同。

(3)《时务通考》的叙述方式

《时务通考》的主要参考文献是《重学》、《格物入门》和《格物测算》。《重学》具有严格的公理化特征。《重学》中每一部分的知识都先给出定理，然后有相应的数学证明，再将定理应用于实际情况。大多问题先给出特殊问题的解法，然后概括出一般问题的求解方法。《格物入门》、《格物测算》是问答式题材。尤其《格物测算》，"主在测算，而不事讲论故物类之理性"，即重在应用数学工具解决力学问题，而不在于力学的定理、定律的分析和证明。其形式是概要性的知识介绍，然后是用数学工具解决实际的力学问题。

《时务通考》的叙述方式不同于上述任何一种，主要是对知识点进行解释、说明，剔除了上述著作中所有繁杂的证明、计算过程，只保留了其中的概念、原理。其形式完全是文字叙述，没有公式，几乎没有计算，即使有个别计算问题也没有算式，是通过文字叙述表达。这样的处理方式分解了难点、降低了难度。也许正是这种方式，降低了《重学》、《格物测算》力学问题的难度，使得其内容有可能通过这种方式被理解。

从以上对《时务通考》特点的分析看出，该书不论是知识的分类体系，还是内容编排、叙述方式，都不同于所参考的原著，对原著从内容到形式进行了改写，特别是对西方的力学分类体系进行了重构。这种改写和重构在某种程度上适应了当时的阅读习惯及知识水平，但是也带来一系列问题。下面以《时务通考》中关于碰撞问题的改写为例做进一步分析。

2.《时务通考》和《重学》中碰撞问题

《时务通考》对力学知识点的整理、概括的叙述方式，对于有些力学知识的内容比较适宜，如关于摩擦力的介绍，简洁明了。但是有的力学知识以上述方式介绍则不易理解问题的实质，如碰撞问题。碰撞问题是牛顿第三运动定律的变形，主要根据动量守恒定律解决不同初始条件的实际问题。《时务通考》中碰撞部分的知识来自《重学》，下面就《时务通考》和《重学》中的碰撞问题的内容、叙述方式进行对比。

(1)《重学》中的碰撞问题

《重学》中与碰撞相关的内容在《重学》卷九"平动相击",包括两部分内容,一是两球相击,分为"正相击"、"斜相击";二是"体面相击"。

该卷的开始有一段说明性文字。

第一,碰撞问题所据的原理:"凡二物相击,无他力加之,击后或随行或分行,其前后动法必准动理第一例以平速行于直线。击后变速已见动理第三例。"

第二,解决碰撞问题的方法:"令动相击前后迟速、方向之理,其变速即非曲行,亦非永变,乃在一霎时中,细究之此一霎时中,其加速减速亦必渐加渐减,因其时甚微,故不论。但论相击前后,二时依动理第三例或生速或减速。"

第三,本卷所解决碰撞问题的类型:只解决碰撞后平动的情况,不考虑转动,指出了该原理适用的初始条件,即"无他力加之",这一点显然是非常重要的,是动量守恒的前提条件。

第四,正碰和斜碰的概念:"二体相击若所行方向与所击方向合一线为正相击;所行方向与所击方向非一线为斜相击。"并指出处理斜碰问题的原则,还讨论了体、面相击及其处理方法。

最后分"十四款",讨论了不同情况下的对心碰撞、非对心碰撞,以及不同恢复系数下的碰撞问题。其中涉及了恢复力("凸力")、恢复系数("凸力定律")、完全弹性碰撞("全凸力")、非完全弹性碰撞("朒凸力")和完全非弹性碰撞("无凸力"),正碰("正相击")和斜碰("斜相击")的碰撞规律,而且有完整的证明过程。同时给出了几种物质的恢复系数("凸力定律"),并给出了解决碰撞问题的一般求解公式。另外,还涉及了动量的概念和动量定理。

《重学》关于碰撞问题的叙述顺序是首先给出处理碰撞问题的原理,接着说明本章要解决的碰撞问题的类型,同时给出碰撞问题涉及的概念,然后举例说明各种不同类型的碰撞问题的解决方法。

(2)《时务通考》中关于碰撞的问题

尽管《时务通考》中碰撞部分的知识来自《重学》,但是由于《时务通考》特殊的分类体系,将《重学》中关于碰撞的知识拆分成了两部分,分别纳入到"力类"和"动类"。其中,将《重学》中关于恢复力、恢复系数,以及动量定理中的"打击力"等与力相关的内容安排在"力类";把几种类型的碰撞问题

安排在“动类”。下面重点分析“动类”中关于碰撞的问题。

“动类”共涉及60个知识点，主要包括牛顿三个运动定律、匀变速运动、运动的合成与分解、刚体的定轴转动、碰撞问题。与碰撞问题相关的知识点共14个，包括“测量动力”，“动力”即动量，是碰撞问题的核心概念；碰撞前后速度之间的关系，即几种类型的碰撞问题和体面相击。如表5-3-3所示。

表5-3-3 《时务通考》“动类”中碰撞问题的知识点

1. 测量动力(用动量 mv 测量)	2. 传速之故
3. 前后两速与分速合速比例相关	4. 推各种球速比例(各种材质的恢复系数)
5. 两球之速相较	6. 二体相击后或俱止或分行
7. 相击变速有论时不论时之别	8. 物击变平复凸之理(有恢复力和无恢复力)
9. 正斜相击之说 *	10. 二体相过或用球面或非球面
11. 体面相击亦可推斜击于面之故	12. 击物抵力大小之故
13. 相击诸力速测验之法	14. 相击不加它力求击后行法

“力类”共涉及64个知识点，主要包括各种形式的力和与“力”相关的概念。与碰撞相关的知识点共15个，如恢复力(“凸力”)、恢复系数(“凸力率”)、完全弹性(“全凸力”)、非完全弹性(“朒凸力”)等。如表5-3-4所示。

表5-3-4 《时务通考》“力类”中与碰撞相关的概念

1. 有无躍力相触有别	6. 球无凸力之证	11. 击力之名
2. 平凸力不一	7. 各球凸力率	12. 锤墩劈力
3. 平力凸力所生	8. 凸力有全朒之名	13. 锤墩劈力历时之理
4. 凸力平力有比例	9. 木朒凸力之率	14. 求锤墩能力
5. 凸力之证	10. 钢铁凸力率之证	15. 抵力历时之故

从整体上看，《时务通考》摘录了《重学》中最基本的碰撞问题。例如，一球动一球静的完全弹性碰撞，介绍了“体面相击”的处理原则，其余是关于正碰、斜碰及恢复力、恢复系数、完全弹性、完全非弹性等概念。

(3)《重学》与《时务通考》中碰撞问题内容的差异

比较表5-3-3、表5-3-4中的与碰撞相关的内容和《重学》中碰撞的内容

可以发现有如下差异：

第一，《时务通考》没有涉及处理碰撞问题的原理。

《时务通考》只摘录了《重学》中部分关于碰撞的内容。但是，《重学》中关于解决碰撞问题所根据的原理——动量守恒没有摘录。碰撞原理是解决碰撞问题的依据，但《时务通考》没有录入。关于完全弹性碰撞、完全非弹性碰撞和非完全弹性碰撞，《时务通考》只在"力类"中涉及部分概念，具体的碰撞问题只在表 5-3-2 中第 5、6 条中涉及了部分内容。例如，

"5. 两球之速相较"："若以动球击静球，而二体相等又皆为全凸力者，其动静必互易。动球小于静球，则小者返行，大者前行，必小于小者之前速；动球大于静球，则小者之速必大于大者之前速，而大者随行，其速小于前速。"

"6. 二体相击后或俱止或分行"："二体无凸力，在一线上，对面相击，且重速积等，则二凸面平时，二速消尽，二体俱止不动。若有凸力，相击后必对面分行。"

这两类是碰撞问题中最简单的、最基本的情况。但是根据《时务通考》的叙述，碰撞前后的速度为何有如此关系，却不得而知。"体面相击"部分，没有介绍体面相击的实例，却摘录了体面相击的处理原则，即表 5-3-2 中"11. 体面相击亦可推斜击于面之故"。

第二，《时务通考》没有明确碰撞问题的初始条件。

《时务通考》将与碰撞相关的问题分散在书中不同的位置，摘录不完整，且没有必要的说明，如表 5-3-3 中"3. 前后两速与分速合速比例相关"中讲到："体不论大小，行不论迟速，但质性不变，前后二速比恒同，为前后二速有定比例，故分速合速亦有定比例。"这一条应当是关于"碰撞前后"速度的讨论，但碰撞前两球的初始条件、小球的速度如何，没有说明，因而碰撞后的速度如何分配就无法知道了。

第三，《时务通考》中叙述顺序的调整。

《时务通考》调整了《重学》相关问题的叙述顺序，如表 5-3-3 中"7. 相击变速有论时不论时之别"，这部分内容在《重学》中是在开始介绍处理碰撞问题的原则时的说明性文字，在《时务通考》中放在了不同情况的碰撞问题之后，与碰撞问题并列。另外，关于恢复力（"凸力"）、恢复系数、完全弹性（"全凸力"）、非完全弹性（"朒凸力"）是处理不同类型碰撞问题相关的概念，在《重学》中是穿插在不同碰撞问题中，而在《时务通考》将这部分知识

放在了"力类"，成了概念的集合，但没有讲清楚这些概念用于处理什么样的问题。

第四，相同的概念使用了不同的术语。

由于《时务通考》的内容来自多部力学著作，当时不同力学著作使用的力学术语不尽相同，这一点也在《时务通考》也有体现。《时务通考》中同一概念在不同的地方分别使用了不同的术语。例如，关于碰撞中的"弹力"同时使用了"躍力"、"凸力"；"碰撞"使用了"相击"、"相触"；"动量"使用了"动力"、"重速积"等。另外，还有一些表述上的错误，例如，"动物与抵力相摄"："如所动之物为定数，则抵力越大所生之速亦越大；抵力越小，所生之速亦越小；如抵力为定数则所定之物越大，所生之速越小，所动之物越小，所生之速越大。"这段显然是在讲牛顿第二定律中力、加速度、质量三者的关系。但是又有"速之名义"："动必有迟速，今统命为速。如有二体动，所用之时等，所过之路不等，即谓一速较大，一速较小，或所过之路等，所用之时不等，亦谓一速较大一速较小。"这里的"速"是速度，那么前者的"速"也应当指速度，而不是加速度。这样，前者的叙述则是不准确的。

从上述对比分析可以看出，《时务通考》对当时传入的西方力学知识及其体系进行了改写，不论知识体系、叙述方式，还是叙述顺序都与原著有很大的不同。特别是《时务通考》重构了原著的知识体系。改写和重构之后的力学著作弱化了西方经典力学定量化、逻辑性强的知识体系的特征，从而使《时务通考》一书从形式和内容上都有较强的中国科学文化的特征。这种改写与重构是中西科学文化碰撞之后，中国学者从形式到内容进行选择的结果，反映了中国学者的知识结构、文化背景，也反映了他们对西方力学知识的理解程度，同时也反映了对西方力学的知识体系、知识结构、思想方法的不适应。

《时务通考》对力学知识的分类体系及其内容的重构，对于当时中国人的知识背景与习惯方式而言可能比较容易理解与接受。但是由于这种重构不是以力学知识的内在逻辑为线索，其结果出现知识的简单罗列，这样不可避免地导致部分力学知识之间的逻辑关系的消解。《重学》的原著作者休厄尔，特别强调各部分力学知识之间的逻辑关系，他认为静力学是演绎体系，动力学是归纳体系。因此，静力学从杠杆的平衡出发，可以推导出力的合成与分解、简单机械、复合机械的力学原理问题，重心问题和刚体平

衡等问题。而动力学是从牛顿三个运动定律出发将这些定律运用于碰撞问题，然后考虑任何条件下的质点运动、转动，以及任何条件下的物体运动，如抛物运动问题、曲线运动问题、刚体转动问题等，由此构成了力学的主要原理①。这种观点是 *Mechanics* 组织其各部分内容的主线，也是理解力学知识体系的核心思想。

但是在晚清，人们对传入的力学知识体系的理解非常有限，虽然在最早传入的《重学浅说》、《重学》已经明确了这种知识体系，但是这种分类体系并没有被中国学者所掌握，这一点从晚清对“重学”、“力学”一些术语的应用，以及力学著作的内容体系可见一斑。可以说，晚清关于力学知识体系的认识与传播还比较混乱。

另外，西方力学，虽然于 17 世纪最终成型②，但是到 19 世纪初期，在实际操作，如学校的课程设置中仍然是介于数学与物理学之间的一门学科，因此有“混合数学”之称，这一点在晚清的力学传播中仍然有所反映。大部分中国人编著的力学著作中只是知识点的汇集，少有对知识的数学应用，而真正有关力学的有一定难度的应用可以在算学书找到，这是晚清力学传播的一大特点。

事实上，用数学解释自然，即对自然的定量化描述是西方科学的主要特征之一，也是自然科学发展的重要基础之一，而西方力学正是最早完成定量化描述的学科之一，也是这一特征的集中体现。晚清的力学传播似乎对这一点缺乏必要的认识，从《时务通考》以及其他汇编丛书对力学内容的处理方式上仍然可见清乾嘉时期用摘章引句的方法著书立说的影子，这种方法对于力学这样的学科显然是不合适的。

第四节　“重学”一词及其知识体系的传播

晚清力学传播中，知识体系、定量化方法的应用是薄弱环节，这一点同

① WHEWELL W. An elementary treatise on Mechanics: intended for the use of colleges and universities[M]. Cambridge:Cambridge University Press,1836.

② 张卜天. 从古希腊到近代早期力学含义的演变[J]. 科学文化评论,2010(3):38—53.

样反映在“重学”这一名词的使用及其变化中。

“重学”是英文“Mechanics”一词的译名，Mechanics 在现在的英汉词典中均译为“力学”或“机械学”。“重学”一词是由明末传入的《奇器图说》首次使用，晚清译介《重学》之后“重学”一词开始广泛使用。在“重学”一词使用的过程中也曾将 Mechanics 译为“力学”但没有广泛流传，而且当时也有将 Dynamics 译作“力学”（现在译作“动力学”），且“重学”、“力学”含义在不同的译著中也不完全相同。到 20 世纪 30 年代“力学”、“动力学”译名统一，“重学”一词完全被“力学”一词取代，期间经历了 300 年的时间。从“重学”到“力学”的译名演变过程反映了西方的力学知识体系在中国的传播、吸收、消化的过程，同时也反映出这一力学术语的翻译与传播过程中存在的问题。

一、“重学”及其知识体系的丰富与变化

明末清初传入的“重学”主要是静力学知识，因此人们对“重学”的认识也非常有限。鸦片战争之后，物理学著作开始大量传入中国，力学著作占有相当比例。尤其是《重学》的翻译与传播，使“重学”一词得到广泛的传播，而且“重学”的概念有了较大的扩展，不仅包括“静重学”而且涉及了“动重学”内容。

1866 年《重学》重刊时，又加上“流质重学”3 卷。此时，与“重学”或“力学”相关的大部分译书中，“流质重学”也即“水学”作为单独的学科，而不是作为 “重学”的一部分。这一点从当时的译著中可以看出，如《格物入门》、《格物测算》、《格致须知》、《格致图说》等书中均是这样的体系。

1900 年，饭盛挺造的《物理学》将流体力学作为“重学”的一部分，上编中含重学 3 卷，分别为“定质重学”、“流质重学”、“气质重学”。它延续了金陵本《重学》的体系，并有所扩展，即将连续介质力学（包括流体、气体）作为“重学”的一部分。

随后影响较大的一些教科书也沿用了此体系，如陈文哲编写的《普通应用物理教科书》（1906）[①]和《物理教科书》[②]（1904—1908，共出版 6 版）将

① 陈文哲. 普通应用物理教科书[M]. 武汉：湖北教育部，1906.
② 陈文哲. 物理教科书[M]. 上海：上海昌明公司，1904.

“固体重学、液体重学、气体重学”作为重学内容。到 20 世纪 30 年代大学力学教科书中开始将分析力学、材料力学等内容包括在力学体系内。例如，华文广在其《机械运动学》[①]序言中讲到：“力学乃物理学中一科，研究物之质量、运动及力间相互关系，其范围甚广，解析力学、材料力学、水力学、机械力学……”

从以上的分析来看，晚清“重学”(力学)所包含的内容与明末相比有很大的拓展，力学的内容体系逐步完善。伴随着“重学”内容的逐步扩展、加深，人们对“重学”这一学科本身的认识也逐步深化。《奇器图说》的译介使人们认识到“重学”的“制器”之用。《重学》的翻译出版，告诉人们“考天制器皆用重学”，尤其是牛顿运动定律的介绍，更使人们认识到“此学不可不知”。到《格物测算》则明确指出，“力学之理通行万物”，直至《物理学》序言指出，“物理学者不但有实际上之功效已，也即以学业论，是亦极要之学”。“物理学与万汇学(即自然科学)各分科相关颇密，故欲研究其余各科，必先以此为根本……物理学为万汇学各科中最全备一科”。从这一过程可以看到，“重学”已成为其他自然科学中的“极要之学”；从仅重视其实用价值到开始重视其理论价值。这些变化为后期物理学也更为力学在中国的成长与发展奠定了基础。

二、“重学”的译名及其知识体系的传播

在晚清力学传播中，随着力学知识体系的不断完善，人们对力学这一学科的认识也不断深入，同时，在这一过程中，从 Mechanics 一词的译名的传播与变化中，也可以看到，当时人们对力学知识体系认识上的缺憾。

1. “重学”译名的变化

1868 年，丁韪良的《格物入门》中第一次使用了“力学”一词。但“力学”一词没有得到很好的传播，在这之后流传的一些力学书籍多数仍然使用“重学”一词，1883 年，丁韪良在《格物测算》中再次将 Mechanics 译为“力学”。他还特别说明：“是书之力学即重学也，盖重学无非力学之一端，而力学实重学之根源也。”丁韪良的工作没能使“力学”这一词语代替“重学”而

① 华文广. 机械运动学[M]. 北京：商务印书馆，1935.

得到普遍接受和广泛流传。1897 年,当《格物入门》的"力学"、"气学"、"电学"3 卷被收入《西学大成》时,编者又将"力学"改名为"重学"。《格物入门》传到日本后,1869 年日本明亲馆重刻,1875 年本山渐吉训点并翻刻。术语"力学"便传到了日本。1900 年前后,当日本教科书大量传入中国并被译成中文出版时,早先接受丁韪良"力学"译名的日本物理学教科书、连同"力学"一词重新又传到中国①。尽管如此,20 世纪之后的一段时间内,"重学"一词仍然被较为广泛地使用着,表 5-4-1 表明 1900 年之后出版的 20 本物理学教科书中,"重学"一词的使用仍然比较频繁。

表 5-4-1 1900 年以后"重学"和"力学"的使用情况

编者、著作名、出版社、出版时间	用词	备注
饭盛挺造.《物理学》,上海江南制造总局,1900—1903.	重学	定质重学、气质重学、流质重学
陈榥.《物理易解》,东京教科书译辑社,1902.	力学	第一卷 力学 第二卷 流体静力学
王景沂.《科学书目提要初编》,1903.	重学	光、水、重、热、声、电
伍光建.《物理教科书:力学》,1904.	力学	没有具体的定义、分类,直接用
何德赉著.谢洪赉译.《物理学》,上海商务印书馆,1904.	重学	第三章 定质重学,行文中"力学"也用
西师意.《物理学教科书》,山西大学译书院,1905.	力学	没有具体的定义、分类,直接用
钱承驹.《蒙学格致教科书》,上海文明书局出版,1905.	重学	重学、声、光、热、磁、电,气象学
王季烈.《物理学》,商务印书馆,1905.	力学	第二编 力学
陈文哲.《普通应用物理教科书》,湖北教育部,1906; 陈文哲.《物理教科书》,上海昌明公司 1904—1908,共出版 6 版.	重学	第一编 固体重学 第二编 液体重学 第三编 气体重学
中村清二,学部图书编译局译.《近世物理学教科书》,京师馆书局,1906.	力学	卷二 力学

① 戴念祖,老亮.中国物理学史大系:力学史[M].长沙:湖南教育出版社,2001:3.

（续表）

编者、著作名、出版社、出版时间	用词	备注
菲力普·马格纳著.严文炳译.《力学课编》,学部编译局,1906.	力学	力学（静力学和动力学）
本多光太郎,田中三四郎著.丛琯珠译.《新撰物理学》,1906.	力学	没有具体的定义、分类,直接用
谢洪赉译.《最新中学教科书物理学》,上海商务印书馆,1906.	重学	第三章　定质重学
本多光太郎,田中三四郎,王季烈.《新式物理学教科书》,上海商务印书馆 1911.	力学	第二编　力学
严保诚,陈学郢.《物理学讲义》,上海商务印书馆,1912.	力学	力学
王兼善.《民国新教科书物理学》,1913.	力学	第四章　固体力学 第五章　流体力学
杜亚泉.《物理学新教科书》,商务印书馆,1907—1914,共出版 6 版.	力学	第二编　力学
黄际遇.《中华中学物理教科书》,1915.	力学	第一编　力学
钟衡臧.《新中学物理教科书》,中华书局,1926—1929,共出版 17 版.	力学	第二章　力学

虽然丁韪良最早开始用“力学”一词代替“重学”,并且说“是书之力学即重学也”,但是又强调“盖重学无非力学之一端,而力学实重学之根源也”。从他的解释上看,“重学”和“力学”的内涵和外延还是不完全相同,而且这句话本身语义含混,指代不明。事实上,当时这种理解也有代表性。

2. Mechanics 与 Dynamics 译名的变化与统一

如前所述,Mechanics 最早译为“重学”,丁韪良将其译为“力学”,但是从现有的文献看来,当时“力学”一词的含义模糊、不确定,同时与“重学”的含义并非完全相同。

傅兰雅在《力学须知》(1889)中指出：

> “力学者，动重学也。重学本分为两支，一支曰静重学，专论体之相定，示人以用力之方，前辑有《重学须知》，已刊公同好矣。一支曰动重学，乃论体之动理及夫各力之根源，兹特别之曰《力学须知》，乃摘取要理，仍分列六章。”

这里的“力学”即现代意义的动力学，“重学”指静力学。

1902年印行的《增版东西学书录》中记有：“重学第十三 先重学，次力学，次重学器。”这里的“力学”、“重学”与傅兰雅所指相同。

1906年出版的《力学课编》的编订者常福元已经注意到当时关于“Mechanics”译名的混乱：“重学之名定于海宁李氏善兰，不知所指……晚近穷理之士恶其含混。”所以，在《力学课编》(图5-4-1)“卷首语”中对此做了说明：

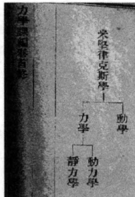


图 5-4-1 《力学课编》书影

> “理科米坚律克斯(Mechanics)一学，总分两门，一曰肯理麦的科斯(Kinematics)，界言论物动静之例，而不计其致动之因与成动之果也。今译动学。二曰德楞密克斯(Dynamics)，界言论致动之力与致力之果也，今译力学。力学复分二目。一曰肯勒的克斯(Kinetics)，今译动力学，一曰师特的克斯(Statics)，今译静力学。此理科米坚律克斯分门之大略也。”

这里的“力学”是Dynamics，包括静力学和动力学，不包括动学(运动学)，不同于前述《力学须知》和《增版东西学书录》中的“力学”。《力学课编》共3卷，分别是动学、动力学、静力学。“动学”不属于“力学”，但却是《力学课编》的一部分内容。从力学知识体系上讲仍然混乱。

1908年，中国第一部由清政府学部审定科编译、学部图书编译局刊行的《物理学语汇》中将Dynamics译为“力学”①。值得指出的是，1911年由上海中国词典公司出版的《普通百科新大词典》一书中虽然也将Dynamics译为“力学”，但是对力学的界定与现代意义基本相同：

---

① 学部审定科. 物理学语汇[M]. 北京：学部编译局，1908：8.

"力学:物理学之一分科,又称重学,论物体之运动及作用于物体之力,就作用于物体之力而研究之曰静力学,就作用于运动物体之力而研究之曰动力学,仅论运动者曰运动学。因论究物体之如何又分质点力学、流体力学、弹体力学等。"①

在1931年教育部公布、国立编译馆编订的《物理学名词》②中,将Mechanics定名为"力学",同时将Dynamics也定名为"力学"。直到1934年由物理学名词审查委员会修订的《物理学名词》③才将Dynamics定名为"动力学",Mechanics定名为"力学"。

从以上分析可以看出,晚清较长一段时间内,关于Mechanics、Dynamics的译名不统一,含义在不同著作中所指不同。事实上,在当时的英语语境中Mechanics和Dynamics 2个词的含义有明确的界定。在*Mechanics*第7版中关于这2个概念就有明确的界定:

Mechanics is a science which treats of the motion and rest of bodies as produced by Force. The science of Mechanics is divided into two parts, Statics and Dynamics. Statics, which treats of forces in equilibrium; Dynamics, which treats of force producing motion. (力学是研究在力的作用下物体静止和运动的科学。力学分为静力学和动力学两部分:静力学研究使物体平衡的力;动力学研究产生运动的力。)

在另一部由法勒(J. Farrar)编写的*Elementary Treatise on Mechanics*④中也有类似的说明:

Mechanics is the science which treats of the equilibrium and motion of bodies. The part, the object of which is to discover the conditions of equilibrium, is called statics. We give the name of dynamics to the other part, which has for its object to determine the motion which a body takes, when the forces ap-

---

① 黄摩西. 普通百科新大词典(子集)[M]. 上海:中国词典公司,1911:24.

② 国立编译馆. 物理学名词[M]. 北京:商务印书馆,1931:85,43.

③ 国立编译馆. 物理学名词[M]. 北京:商务印书馆,1934:46.

④ FARRAR J. Elementary treatise on Mechanics[M]. Boston: Hilliard, Gray, and Company, 1834:12.

plied to it are not in equilibrium.（力学是研究物体平衡和运动的科学。分两部分，一部分是研究物体平衡条件的，叫做静力学；另一部分研究在力作用下物体的运动，叫做动力学，是一种非平衡状态。）

显然，Mechanics 与 Dynamics 在英语语境里是 2 个概念，与现代含义相同，即 Mechanics——力学，Dynamics——动力学。而晚清力学的传播中没有搞清楚这 2 个概念。实际上，这个问题在《重学》的翻译与传播的过程中就应当解决，但却在《重学》之后又经历了几十年的混乱之后才搞清楚。

尽管 1903 年颁布了《癸卯学制》，物理学以法定形式列入了学校的教学科目中，1904 年学部成立图书局并下设审定科专管教科书的审定，但是这一时期物理学教科书的力学部分的体系仍然很不一致，而且内容的安排上相对混乱。例如，当时影响较大的杜亚泉编译、商务印书馆出版的《中学物理学新教科书》(1907—1914，共出版 6 版)，其中第二篇为力学，共 5 章，分别为"运动之三例"、"坠体及圆运动"、"力"、"功力及能力"、"摆"，只涉及部分动力学内容。王季烈编写的《共和国教科书物理学》(1905)第二篇为力学，共 2 章，分别为"平衡之刚体"、"平衡之流动"，只涉及部分静力学内容。伍光建编写的《最新中学教科书力学》(1904)第一卷"力学上"，共 12 章，分别为"发端"、"直动"、"奈端动例"、"合力"、"合动"、"奈端吸力通例"、"地心吸力"、"时摆"、"坠物"、"抛物之动路"等，涉及运动学和动力学，但没静力学。第二卷"力学下"，共 8 章，分别为"相称之力"、"助力器"、"重心"、"物之僻性"、"简谐动"、"直碰"、"斜碰"、"功能"，涉及静力学、动力学。

这些教科书的力学内容的安排一方面不够完整，另一方面，结构体系较为混乱，读者从这些内容的编排上很难把握力学这一学科的体系，以及各部分内容之间的内在逻辑。这反映了当时译者、编者的专业知识水平及对力学知识体系的理解。

三、晚清力学知识传播的特点

从晚清力学知识的传播的梳理、分析中可以看到，力学知识的传播大致呈现如下的情况。

1. 具体知识的传播

从传播内容上讲，首先是简单机械、重心、落体这三类力学问题受到广泛的重视，且得到了较好的传播。其中简单机械问题最为普及，是力学传播的核心内容。重心知识和抛物运动知识虽然普及程度不及简单机械，但是，这两部分知识在晚清得到了中算家的关注，并在传入知识基础上有所发展，如顾观光的力学著作、李善兰的《火器真诀》等有所体现。

其次是力的合成与分解、碰撞问题，一般涉及动力学问题的书籍会提及这类问题的基本概念，也涉及一些简单应用，同时也不同程度地受到中算家的重视，但所包括问题的难度、复杂程度比较有限，没有达到《重学》所介绍的知识水平。

再次是功和能、刚体转动，功和能在日译教科书传入之前的传播相对较弱，日译教科书传入之后功和能的知识得到完整、规范的表述，相应地，这部分知识也得到较好的传播。《重学》中刚体转动涉及分析力学的内容，是晚清力学传播的薄弱环节，能够涉及该问题的力学著作屈指可数，即使有所涉及也只是相关基本概念的介绍，没有深入，当然也没有达到《重学》中集理论与应用于一体的深度。

2. 文本的传播

从文本的传播看，《重学浅说》(《重学》"卷首")传播最为广泛，上述各种丛书大多数与《重学浅说》有关系。各种与力学相关的书籍中的部分内容与《重学浅说》的关系，如图 5-4-2 所示。

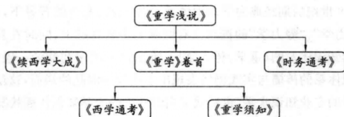


图 5-4-2 《重学浅说》内容流传示意图

《重学》"卷首"收录了《重学浅说》中除"重学原始"之外的全部内容(详见第二章)；《重学须知》、《重学图说》也是来自《重学浅说》；《续西学大成》共 5 部分内容，其中 3 部分内容("重学数理"、"静重学"、"重学器说")来自《重学浅说》；《时务通考》之"重学原始"来自《重学浅说》；《西学通考》之"静

重学”虽然注明来自《重学》，其内容也是《重学》“卷首”。还有一些晚清编纂的图书中的提要，如《会稽沈氏东西学书提要总叙》中“重学总叙”也是《重学》“卷首”的内容。由此可见，《重学浅说》传播之广泛。

其次是《力学须知》、《重学须知》、《格物入门》传播较广。《西学通考》中“总论”、“动重学”部分的主要内容来自《力学须知》，“释并力分力”、“测算”部分主要内容来自《格物入门》。《续西学大成》除来自《重学浅说》之外，另外2部分“重学探原”、“动力学”内容来自《力学须知》。《时务通考》中“力类”来自《格物入门》。另外，李善兰《重学》序的内容传播也非常广泛，《畴人传》、《杭州府志》“畴人”中关于李善兰的记述转录其《重学》序，《格致书院课艺》、《时务通考》等书对李善兰的序也均有反映。

至于《重学》的传播，不论是其中内容的深度，还是流传的广度，与上述几部书比较而言，传播比较有限。在笔者目及范围内只有《时务通考》收录了《重学》中的大部分内容。晚清流行的其他书中大多提到《重学》一书，但《重学》中的具体内容少有涉及。只有在具有一定难度的《格物测算》中涉及了《重学》中的部分例题，《算学课艺》中涉及了《重学》的难度较大的部分内容。究其原因，大概即傅兰雅在《重学须知》“总引”中讲到的：“论重学一书原有成本，但因篇幅过长，义理极深，欲精究者固为得力，而常人每不暇细观，况幼学蒙童更不易致力。”即《重学》中的知识难度、复杂程度都是当时难以接受的。

3. 知识体系的传播

在18世纪后期经典力学知识体系已经明确、完善的背景下，对于“力学”、“动力学”、“静力学”的概念已有明确界定的基础上，同时在具有较完整的力学知识体系的《重学》传入之后，晚清甚至民国初期的一段时间内，力学知识体系的传播与实践仍然表现出上述较为混乱的局面，这反映了当时编译者的专业知识水平，也反映了当时西方的力学知识传播状况。

事实上，近代科学的灵魂就在于将知识系统化，寻找看似不同知识之间的内在联系。经典力学更是如此，牛顿就是要将同样的自然作用归于同样的原因，并在此基础上构建了经典力学大厦。经典力学之后的发展也是在这样的思想框架中产生的。知识体系是掌握一门学科的结构，认识一门学科各部分内容之间的逻辑关系的关键。尽管大部分力学知识在晚清陆

续传入，但是，从晚清汇编丛书对西方力学知识体系的改写，以及"重学"一词的传播来看，晚清西方力学的传播恰好在这方面是一个薄弱环节。这说明，中国知识分子对西方力学的知识体系及其思想方法缺乏必要的认识。总体上西方力学的思想框架、力学体系、研究方法还没有完全被晚清时期的知识分子所理解、掌握。正如何兆武先生指出的："十九世纪的李善兰曾经正面地、系统地把近代科学的核心，即牛顿的经典体系介绍进来了，可是直到五四运动，自然科学和科学思想却始终是中国近代思想中最薄弱的环节。"①

① 何兆武. 中国文化交流史论[M]. 武汉：湖北人民出版社，2007：144.

第六章 《重学》的影响及评价

下面将从翻译与传播两方面对《重学》在晚清力学传播中的影响给予总结、评价。并在此基础上通过案例分析，探讨这一时期力学传播的特征及其存在的问题。

第一节 《重学》的翻译与影响

理解与表达是翻译实践中最基本的两层含义，在具体内容的理解与表达上，《重学》的翻译即使现在看来也属于上乘之作。在没有知识基础的情况下，在没有先例的情况下，《重学》不仅能够准确传达 *Mechanics* 的知识内容，有的概念的翻译甚至超出 *Mechanics* 中相应概念所表达的清晰度，在这一点上以往对《重学》的任何赞誉都不过分。

一、《重学》翻译中的变通与民族化

翻译本身是一种跨文化交流的活动，译者就是要在两种文化之间搭建起沟通的桥梁。这种桥梁必然是以译入语和译出语双方的文化背景为基础，如果完全摒弃译入语的根基，那么桥梁将因减少一方的支撑而失去平衡，翻译也将变得没有意义。在这一点上，《重学》的译者所采取的方法与策略是必要的，也可以说是周到的。

第一，从内容上的考虑。

翻译方式除了有口译、笔译之分外，在笔译中根据译文读者的对象的

不同采用全译、摘译、编译，有时还要汇集相关资料进行专题译述或综述①。《重学》的翻译基本属于全译，但也兼有其他成分。在前面几章内容的分析中可以看到，《重学》翻译时有删减也有增补，同时也有内容叙述方式上的调整。这种删减、增补与调整都是考虑到中国读者的实际情况，如增加传统数学内容——天元术以解释代数学的方法，增加摆线的内容以增强对圆锥曲线的理解。另外，还增加了一些解释，如对三角函数正负号的解释，以及译者对原文中内容的解释。这些增加的内容无疑对中国读者理解该书颇有帮助。

第二，从术语上的考虑。

我们知道，对于一门陌生学科而言，术语是理解这一学科的关键和基础，同时，对于没有相应基础的学习者来说也是一个难点。译者在翻译《重学》时，在中国人对力学概念陌生的情况下，没有使用抽象的名词翻译概念，而是使用解释概念的方法，或者使用传统的文字，如"率"、"朒"等字的含义表达新概念。尽管现在看来这样的翻译方法并不是对力学概念的最佳表达，如不能反映力学概念的本质含义，不够简洁、明了，物理意义不明确等等，但在当时中国人所具有的知识背景的现实情况下，这种方法相当于把抽象的概念具体化，对于初学者而言无疑是比较可行的方法。

第三，从表达方式上的考虑。

考虑到中国读者的文化特征和表达习惯，《重学》译者没有采用 *Mechanics* 中西文的各种标识与表达方式，而是使用了一套中国读者熟悉的天干、地支来取代西文字母，在数学公式的表达上也同样没有直接使用西文字母，而是用上述汉字表达了力学的定理、定律以及应用力学定律解决问题的相应的计算过程。就这一点而言，以现在的视角看，阅读《重学》以及同时代的书，无异于"天书"，但是对于当时中国人所具有的知识背景、表达方式和习惯而言，无疑是拉近了读者与陌生知识、异质文化之间的距离。这种方式对于陌生知识的传入与被译入语文化接受方面，应当说起到了一定的积极作用。

总之，从翻译学的角度讲，在知识的跨文化交流过程中，变通（adaptation）和民族化（nationalization）也是不可避免的。在整个科学知识的跨文

① 文军. 科学翻译批评导论[M]. 北京：中国对外翻译出版公司，2006：3.

化传输过程中，总是伴随着使用符号、简化、替代、添加、缩减、重写和注释等变通和民族化方法，这在东西方的科学知识交流中尤甚①。因此，对于一种全新的知识的传入，没有一个体制的保证下，吸收消化的速度是缓慢的、渐进的，而这种方式对于开始接触新知识的人消除文化距离，化解陌生感，从心理上容易接受等方面，无疑是一种变通的方法，也是一种必要的过渡。在翻译的过程中，译者的任务是为了一个既定的目的在不同的语言和文化群体之间搭起一座理解的桥梁。从这一点上讲，李善兰的符号翻译不仅是可以理解的，也是必要的。

随着中国人对传入力学知识的熟悉、理解的不断深入，《重学》翻译的这些技术处理，被逐渐弱化以至于消失。这一点从上述对晚清力学术语的传承与变化，以及《重学》本土化特征的逐渐弱化中可以看到这种渐变的过程。

二、《重学》翻译中的选择与适应

Mechanics 是一部力学教科书，它不同于研究著作。教科书是对相对成熟的知识根据读者的情况对知识内容的一种重构，而不是按照历史发展的顺序来安排内容，这种重构要体现知识之间的内在逻辑，甚至知识发现的内在逻辑。就这一点，休厄尔在 *Mechanics* 一书中有明确的意识与表达。关于休厄尔在 *Mechanics* 中所要表达的思想及写作意图简单概括为 3 个方面：

第一，分析数学在力学中的应用，在力学中体现数学的先进性；

第二，通过用力学的逻辑体系使力学成为一门独立的学科；

第三，力学，特别是动力学是一种归纳科学，并在 *Mechanics* 中体现、贯穿了归纳思想。

Mechanics 一书作为剑桥大学的教科书，为了适应剑桥大学的教学改革而不断修订。在修订过程中，对其中的内容也进行了较大的调整，这体现在 2 个方面：一是降低了数学难度，即将涉及复杂数学、分析力学等内容另外成书；二是增加力学知识，在力学知识的叙述上逐步趋于清晰、简练。

---

① 王金铨. 从 Skopos 理论解读中国近代翻译中的变体现象[J]. 北京第二外国语学院学报，2000(6)：24—29.

《重学》的底本是 *Mechanics* 的第五版，是经过几次修订，特别是第四版较大调整之后的版本，上述第一个写作意图已经弱化，而后两个得到了加强。尽管这样，*Mechanics* 仍然是一部数学特征非常突出的力学著作，这一点可以从《重学》中力学问题的处理方法以及数学的复杂程度看出。《重学》的翻译对具体知识的理解与表达可以说是佳作，这其中也包括对原著数学的展示，这一点《重学》做得非常好，大部分数学证明和复杂计算都得到了全面的体现。这与李善兰本身是数学家有直接关系。

对于 *Mechanics* 的写作意图的后两个方面，力学知识的内在逻辑以及力学的思想、方法而言，在《重学》的翻译中体现得比较有限。

1. 《重学》对力学概念的处理方法

《重学》不仅省略了导论中对概念的翻译，在文中也对一些概念的定义、解释进行了省略。对于一门精密科学，对概念的界定与明晰是其特征之一。对于这一点，《重学》的译者似乎没有足够的思想认识。

西方力学的发展过程，是其概念、理论逐步清晰化的过程。而教科书正是在这样的背景中对概念、理论的提炼与重构，其目的是为了读者便于从其构造的体系中容易理解各部分知识之间的内在逻辑，并容易领会其中的思想、方法，进而理解这门学科的本质。休厄尔的 *Mechanics* 正是在这些方面体现了他作为一个科学家、科学哲学家的高超之处。在 *Mechanics* 的前言和导论中，集中体现了他对力学的深刻理解。可惜的是《重学》的译者在翻译时恰恰把这两部分删减掉了。

更为糟糕的是，在 1866 年重刊《重学》时将《重学浅说》（“重学原始”、“重学总论”、“总论重学之理”，详见第二章）的后两部分稍做节录作为“卷首”放在了《重学》中。而这部分内容只是简单机械的定性讨论，是《重学》内容的一部分。重学“卷首”内容与正文内容重复、插图也改用了《重学》中的个别插图，且同一力学概念有不同的术语翻译，这样一部分内容放在《重学》中无疑影响了《重学》一书的整体结构。另外，不论从全书的体例，还是对西方力学的整体认识，《重学浅说》的第一部分“重学原始”（即力学简史）放在《重学》“卷首”比较好，而事实上，《重学》“卷首”恰好把这一部分删掉了！

由此可以看出，《重学》虽然是一部译著，但是其整体面貌、传播的思想与 *Mechanics* 还是有差别的。

2.《重学》对原文叙述方式的调整

休厄尔明确强调，动力学是一门归纳科学，所以在他的叙述方式上是按照归纳思想安排具体内容：是先从实验、实例出发一步一步顺着叙事的逻辑方式，自然得出力学定律。在翻译时，《重学》译者将这种叙述方式进行了调整，先表达定律，然后再讲实验、实例，改写了 *Mechanics* 的叙述方式。这表明译者对力学这样一门实证科学的思想方法的认识缺乏必要的准备与适应。在这个问题上我们不妨稍作一点延伸的探讨。可以发现，《重学》这种叙述方式与中国后期的物理学教科书的叙述方式一脉相承：先给出定律→举例说明定律的应用→实验证明定律。但随着中国新一轮的教育改革的开展，提倡探究式学习，教科书的叙述方式似乎又有某种对休厄尔叙述方式的回归。为什么会这样，这是一个值得思考的问题。事实上，这不是一个简单的叙述顺序的调整，它代表着两种思维方式的冲突与选择。这种选择是否符合物理学的本质特征，这是否有助于对物理学的理解是一个值得探讨的问题。

《重学》翻译中概念的取舍、叙述方式的调整以及重刊时增加的“卷首”，表面上看是适合中国人的阅读习惯，适应了当时的需求，事实上问题也许不那么简单。

“翻译不仅是语次上的转换，它更是译者对原作所进行的文化层面上的改写”①。李善兰和艾约瑟将 *Mechanics* 中的西方力学知识译成汉语传入中国，这一过程不是专家之间的某种专业知识的交流，而是两种异质文化的交流与碰撞。翻译过程中删减、改写与调整，除了当时社会背景下的实学思潮作用的结果之外，更深层次的是中国传统的思维方式和西方科学的思维模式之间的冲突与选择的结果。这种冲突制约着译者对原作的接受和译作的产生，译者在解读原作、摄取信息、生产译作时发生了主观或客观的“偏离”，从而对原作所要表达的内容进行了选择与过滤，并进行适度改写。这种技术处理某种程度上弱化了 *Mechanics* 的知识体系，也部分地遮蔽了力学作为一门实证科学的特征。

---

① 屠国元，王飞虹．论译者的译材选择与翻译策略取向——利玛窦翻译活动个案研究[J]．中国翻译，2005(2)：20—25.

第二节　《重学》的传播与影响

从对《重学》传播的研究来看，与《重学浅说》、《重学须知》、《力学须知》等文本及内容的传播相比，《重学》传播的深度、广度似乎是有限得多。那么，《重学》的翻译与传播是否达到了基本的目标？

一、《重学》传播的目标

李善兰翻译《重学》，希望《重学》能为拯救国家危亡起到相应的作用。在李善兰看来，欧洲各国日益强盛成为中国边患，“推原其故，制器精也。推原制器之精，算学明也……异日人人习算，制器日精，以威海外各国，令震慑，奉朝贡，则是书之刻，其功岂浅鲜哉”。事实上，《重学》这样一部理论性较强的著作，其实用性非常有限。作为一部教科书，其最基本的功能应当是在一定体制的保证下，有相当数量的人来学习其中的知识，掌握其中的方法，以达到知识的传播目的。

《重学》原著 *Mechanics* 是一部教科书，其读者主要是剑桥大学的学生。《重学》的读者与其原著的读者有很大的差异。在《重学》翻译的年代，中国还没有现代意义的学制，当然也谈不到现代意义的大学，因此《重学》的读者开始可以说是不确定的。《重学》于 1859 年刊行，首版不过 10 册，而且不久后由于战争，刻板毁于战火。1866、1867 年金陵书局和美华书馆又分别刊行。也就是说，1866 年以前首版的《重学》传播非常有限。

1862 年京师同文馆成立，1866 年设天文算学馆，增设科学科目，开始传授西方物理学基础知识。同文馆曾聘英国传教士欧理斐（M. Olivor）任物理学教习，后又聘美国教士丁韪良任教，使用的教科书为丁韪良编译的《格物入门》和《格物测算》[①]。但《格物入门》是 1868 年刊行，《格物测算》是 1883 年在《格物入门》“测算卷”的基础上增扩出版，那么在 1868 年以前的两年中力学教学使用什么教科书，已无法查证。事实上，力学具体

① 王延锋. 我国早期大学对物理教材的编译概况[J]. 大学物理，2003(10)：34—37.

从什么时候进入京师同文馆的课堂，由于资料有限也无法确定[①]。但从同文馆《算学课艺》的内容分析来看，《重学》的内容在其中有所反映，由此可以推测，《重学》最起码是其中参考书目之一。

到1902年，京师同文馆改为京师大学堂，在张白熙主持拟订的《钦定大学堂章程》中采用美国哥伦比亚大学、耶鲁大学、宾州大学等13所大学的课程及书目为参考，此时的物理课程称为"物理大要"，采用的教科书是饭盛挺造所编写的《物理学》，其内容相当于现在的中等水平的物理学内容。

民国之后，我国第一批国外留学的物理学专业的毕业生何育杰、夏元瑮、张贻惠、胡刚复、丁燮林等人陆续归国。他们回国后致力于大学物理教学，同时独立编译了物理学教科书，脱离靠西方人口授、中国人笔录的翻译方式。这一阶段对教科书编译工作贡献最大的是何育杰[②]等。

何育杰于1914年主编了北京大学物理学教科书《物理学》，这是首次自编物理学教科书，将此时北京大学物理课程分成初级、普通、专门三级。初级即入门，相当于中学物理阶段，普通物理即大学一年级的普通物理，专门物理即理论物理[③]。

从这一段的历史可以看出，《格物入门》、《格物测算》成为中国最早的大学物理学教科书，其中涉及了中等水平的力学内容和部分高等水平的力学内容。直到20世纪初《钦定大学堂章程》颁布之后，使用了饭盛挺造所编写的《物理学》，所涉及的力学内容也只有现在中等水平的力学内容，难度有所降低。1914年何育杰为北京大学编写的《物理学》时，对教学内容进行了分级，包括了相当于现在的中等、大学和高等水平的力学内容。至此大学普通力学和理论力学的内容才完全成为大学教学的内容之一。

也就是说，一方面，《重学》基本没有作为主要的大学教科书使用。另一方面，整个晚清中国的大学力学教学的难度都没有达到当时西方的大学

---

① 陶亚萍，韩礼刚. 京师同文馆中的物理学教育研究[J]. 内蒙古师范大学学报：自然科学汉文版，2005(3)：341—347.

② 何育杰(1882—1939)，浙江宁波人，1902年入京师大学堂师范馆学习，1904年初赴英留学，在英国曼彻斯特大学获物理学硕士学位，倾听过卢瑟福关于原子物理学方面的讲演，回国后历任京师大学堂格致科教习(1909 —1911)、北京大学理科物理学门教授(1912—1919)。

③ 王延锋. 我国早期大学对物理教材的编译概况[J]. 大学物理，2003(10)：34—37.

水平。民国之后，普通力学和理论力学才开始进入大学的教学内容之中。换句话说，《重学》中所涉及的力学内容到民国之后才正式成为大学的教学内容。由此可以看出，《重学》的难度、复杂程度在《重学》翻译、刊行的时代远远超出了当时的接受能力。

因此，作为教科书，《重学》的译本引入并不是一种很好的选择。翻译时文本选择的随意性、盲目性较大，没有从整体上考虑其读者群体的知识背景与接受能力。而在译本的选择中艾约瑟应当起了很大的作用，由此可以看出，传教士作为传播科学的主体的先天不足。同时也可以看出李善兰作为中国译者对译本选择的被动性。

二、《重学》传播的限度

从上述对晚清力学传播的研究来看，从文本上讲《重学浅说》传播最为广泛，其次是《重学须知》、《力学须知》、《格物入门》等。从知识内容来看，简单机械知识传播最广，其次是重心和落体运动，这些问题基本上是中算家比较感兴趣的内容，其他知识的传播相对较弱。也就是说，不论从内容、文本，还是做为教科书，《重学》的传播都比较有限。

更值得一提的是，重要的不仅仅是某些知识传播得非常有限、不完整，更加重要的是《重学》的底本所要体现的那种力学研究的思想和方法在晚清的力学传播中被弱化甚至被消解。

正像前面研究所表明的，《重学》翻译时对 *Mechanics* 内容有一定的选择，滤掉了其中涉及力学研究的思想、方法的“前言”，也没有翻译其中涉及力学概念的“导论”，同时还省略了其中的涉及力学史的“注释”等内容，对 *Mechanics* 个别内容的叙述顺序也有所改写。另外，在《重学》再版时，增加了一些序、跋及流体力学、圆锥曲线等内容，致使《重学》这部译著，与原作的整体面貌、原作要体现的思想有较大差别。总体上讲，休厄尔所强调的力学严格的逻辑性、归纳演绎的逻辑体系、概念的严格界定等特征在《重学》中没有得到很好的理解与体现。也就是说，从 *Mechanics* 被翻译的时候，上述力学的思想、方法等特征在某种程度上没有得到与原作同样的重视和强调。

与此相应，在后期传播的过程中，上述特征进一步被弱化。

在晚清译介的力学著作中，《格物测算》是除《重学》之外难度最大的教

科书之一。其问答式体裁，虽然也有简单的概念、理论的叙述，但都是为解题而准备。用现在的观点看，基本上是一部力学习题集。《格物入门》、《重学须知》、《力学须知》、《重学浅说》等大多是基本概念的介绍，其定量化内容非常少，当然更谈不上用力学理论之间的内在逻辑关系组织力学知识，体现力学思想的统一性。后期中国人自己编纂的各种丛书，如《西学通考》、《续西学大成》等，更是知识体系较混乱、内容不完整。《时务通考》虽然力学知识较为完整，并有其独特的分类体系，但是其分类体系没有体现各部分力学知识之间的内在逻辑关系，力学的思想、方法更无从体现。

与此相应，在后期传播的过程中，除上述特征被进一步被弱化之外，另一方面，由于理解上的问题、传统思维习惯的问题，又加入了一些中国传统的元素，如术语、表达方式以及摘章引句的知识点的汇集方式等。所有这些被弱化了的力学特征，与增加了的中国传统的元素结合在一起，使得西方力学从内容到形式都具有了那个时代的中国特色。从某种程度上可以说，西方的力学思想、内容、形式等在晚清的力学传播过程中被重构。这种重构，一方面说明了当时中国的力学知识水平的需求与选择，另一方面也说明了当时的中国人对西方的力学叙述方式、体系、方法的不适应。这种不适应在后期编纂的各种丛书中体现得尤为突出，反映出当时中国人理解西方力学的一个侧面。

尽管上述流传较为广泛的文本对当时的中国人了解力学知识起到了一定的积极作用，但是，这样的文本传达的力学知识不可能让中国人从根本上掌握一门学科，更谈不上研究与发现。因为对于一门学科，知识只是它最基本的部分，而它的思想、方法、知识体系才是这门学科的灵魂，才是打开这门学科大门的钥匙。

中国人对西方力学知识体系的选择、重构反映了当时中国人在其知识背景、传统习惯、传统文化背景下对西方力学知识体系、思想方法的选择，反映了两种文化的冲突。

事实上，这种冲突与选择不仅仅反映在《重学》的翻译与传播中，其他学科也大致如此，而且这种冲突与选择也有其历史渊源。例如，明末清初《几何原本》翻译之后，在传播中同样面临这样的问题。《四库全书》总目的作者将《几何原本》称为“西学之牟冕”，可在当时的中国却知音难觅，正如

利玛窦所言："受到的赞誉远高于对它的理解。"①在欧几里得几何传入中国之后，"西方数学主要用于阐明中国传统数学，然而，这种做法强烈地影响到对欧氏几何的理解与阐释。在传统的应用数学领域（算法），《几何原本》严密的几何命题和方法被重新诠释。首先，经过选择，只有那些与中国数学相关的命题才被选用……这说明欧氏几何已不再被视为本来的演绎体系。其次，这些步步相连的算法程序多以具体数字为处理对象，这就需要对欧氏几何加以某种'代数化'的诠释……"②这种方法可能有利于与中国传统数学结合，也有利于间接接受欧氏几何，但这种方法无疑也遮蔽了希腊数学的本质特征。

即使如此，明清时期中算家对欧几里得几何的解读也远远高于晚清知识分子对《重学》的解读。毕竟中国数学有着深厚的传统，而力学则不然。因此，《重学》原作所要表达的力学思维方式对于李善兰和中国读者而言，比起《几何原本》、《代微积拾级》等数学著作的接受与理解或许难度更大；力学的一些特征及其独特的思维方式等与中国传统的思维方式之间的冲突表现得更为突出。晚清知识分子在对《重学》一书的理解上存在的问题与明清时期对欧几里得几何的理解上存在的问题有过之而无不及。在这一点上，晚清的科学传播与明清之际的科学传播有某种一致性。这表明，一种文化对另一种文化的充分理解与接受是一个复杂而漫长的过程，一种思维方式、一种学科的思想方法的接受比具体的知识的接受的难度要大得多。

通过以《重学》为中心的经典力学在晚清的传播的研究看到，经典力学在晚清的知识土壤中还没有真正扎根。系统的知识虽然被译介进来，但是在传播过程中，从内容到形式都有当时中国人自己的选择。与此同时，西方力学严密的逻辑体系、严格的定量化方法等特征在晚清力学的传播中被弱化。这样，晚清对经典力学的译介与传播就有了很强的本土特征。另外，晚清在严格的概念体系下对力学问题的应用以及定量化处理实际问题还基本上是中算家所关注的问题。

---

① 安国风. 欧几里得在中国[M]. 纪志刚，郑诚，等译. 南京：江苏人民出版社，2008：331.

② 安国风. 欧几里得在中国[M]. 纪志刚，郑诚，等译. 南京：江苏人民出版社，2008：458—459.

总体上看，晚清在力学传播过程中，中国知识分子没有完整接受西方的力学知识体系、思想方法，对西方的力学知识体系、思想方法也缺乏深刻的认识和必要的理解，力学还没有成为一门独立的学科。从这里也能看出，晚清的力学传播虽然没有明清之际的会通，但中国传统的思维模式和知识结构仍然在对西方知识的选择中起着重要的作用。

Mechanics 作为一部教科书传入中国后，没有普遍作为教科书使用，是一件非常遗憾的事，因而也成为导致《重学》的知识传播有限的原因之一。但《重学》毕竟为当时的中国人了解西方近代力学打开了一扇大门。虽然对《重学》原作所传达的思想的传播不够完整，但毕竟通过《重学》了解到作为一门学科的博大精深，同时也通过《重学》开始了以各种能够接受的方式逐步地学习、传播其中的知识，李善兰、顾观光的研究和杞庐主人等对《重学》的梳理与概括就是最好的说明。另外，《重学》的翻译也为 20 世纪之初的力学著作的翻译与传播奠定了基础，当时传播较广泛的《力学须知》、《格物入门》、《格物测算》在力学术语、力学概念、定理定律的表达方式上基本沿用《重学》翻译的方法。同时，有些术语、表达方式甚至体现在 20 世纪之后力学教科书中。从这些方面讲，《重学》的影响是深远的，这是《重学》的翻译与传播所不可否认的贡献。《重学》对西方力学的传播有着里程碑的作用。

《重学》的翻译与传播是晚清科学翻译与传播的一个个案，也是一个缩影，它可以折射出晚清科学翻译与传播的一个侧面。不难想象，通过不同的个案研究，可以理解晚清科学传播的整体面貌，理解晚清科学文化现象。

三、余论

晚清大量的西方力学知识的传播为中国人认识这一学科打开了大门，并使中国人对这一学科的认识逐步深入，这一过程虽然有前述种种问题，但它为进一步学习西方力学知识，理解西方力学的精髓做了必要的准备。

晚清西方科学的翻译与传播，在中国翻译史以及科学传播史上，可以说是高潮中的高潮。在这次的翻译与传播中，在中西两种文化的碰撞与冲突中，中国传统文化产生了怎样的作用，对于理解这段历史、认识这段历史有非常重要的作用。以《重学》为中心的研究虽然只是晚清西学东渐背景下的一个个案，它不能完整反映这一时期的全貌，但是，从这样一个个案研

究可以看到，从某一视角经过深入的研究就可以认识西学传入过程中的一些特征，以及存在的问题。

尽管《重学》是晚清西方科学传播中的一部比较重要的力学著作，对于当时接触西学的知识分子而言都有所知晓，这一点不仅从对《重学》的传播研究中可以看到，从当时及后来的一些学者对《重学》的评价中也可以看到，如梁启超称《重学》所译“甚精”，徐维则的《东西学书录》亦盛赞此书，“以算法推论诸理，深加著明，实为善本”。但是从研究中看到，对《重学》一书有多少了解，更有多少人真正理解了这本书，是一个值得研究的问题。大概利玛窦对《几何原本》的感慨“受到的赞誉远高于对它的理解”，对于《重学》而言同样适用。这是一个非常值得思考的问题。

对于鸦片战争之后第一批传入的其他10多部科学著作，如《谈天》、《代微积拾级》、《代数学》、《植物学》、《地学浅释》、《光论》等具体情况如何，与《重学》的翻译与传播有哪些共同之处，有哪些自身的特征，这些问题的探讨对认识西方科学在中国的近代化过程都是非常有意义的。不同个案的深入研究将编织成为一个网络，从而使我们能够对这一时期的相关问题有一个深入的理解和认识。这些研究也许能解决熊月之指出的问题：“西书内容有待于进一步清理。许多西书，人们只闻其名，不知其实，其译自何书，内容如何，与原书有何区别均不甚了了。”[①]同时，这种研究为费正清所言的认识“外来影响的性质和程度”提供一种可能的渠道。

① 熊月之.西学东渐与晚清社会[M].上海：上海人民出版社，1994：7.

参考文献

一、原始文献(按姓氏拼音排序)

DAGENAIS F. 傅兰雅档案:第二卷[M]. 桂林:广西师范大学出版社,2010.

DOOLITTLE J. A vocabulary and handbook of the Chinese language[M]. Foochow:Rozario,Marcal and Co.,1872.

FARRAR J. Elementary treatise on Mechanics [M]. Boston: Hilliard, Gray, and Company, 1834.

WHEWELL W. An elementary treatise on Mechanics: designed for the use of colleges and universities[M]. Cambridge: Cambridge University Press,1833.

WHEWELL W. An elementary treatise on Mechanics: intended for the use of colleges and universities[M]. Cambridge: Cambridge University Press,1819.

WHEWELL W. An elementary treatise on Mechanics: intended for the use of colleges and universities[M]. Cambridge: Cambridge University Press,1836.

WHEWELL W. An elementary treatise on Mechanics: intended for the use of colleges and universities[M]. Cambridge: Deighton's,1847.

WHEWELL W. On the free motion of points, and on universal gravitation: including the principal propositions of books I. and III. of the principia: the first part of a new edition of a treatise on dynamics[M].

Cambridge: Cambridge University Press, 1836.

WHEWELL W. Selected writings on the history of science: edited and with an introduction by Yehuda Elkana[M]. Chicago and London: The University of Chicago Press, 1984.

WHEWELL W. On the principles of English university education [M]. Cambridge: J. and J. Deighton, 1994.

WYLIE A. Memorials of protestant missionaries to the Chinese [M]. Shanghai: American Presbyterian Mission Press, 1867.

陈昌绅. 分类时务通纂[M]. 上海:文澜书局,1902(清光绪二十八年).

陈大康. 张文虎日记[M]. 上海:上海书店出版社,2001.

陈维祺. 中西算学大成[M]. 石印. 上海:上海书局,1889(清光绪十五年).

陈文哲. 普通应用物理教科书[M]. 武汉:湖北教育部,1906.

陈文哲. 物理教科书[M]. 上海:上海昌明公司,1904.

邓玉函,王征. 远西奇器图说录最[M]. 安康:来鹿堂,1830(清道光十年).

丁韪良. 重增格物入门[M]. 上海:美华书馆,1899(清光绪二十五年).

丁韪良. 格物入门[M]. 北京:京师同文馆,1868(清同治七年).

丁韪良. 物理学算法[M]. 石印. 出版者不祥,1904(清光绪三十年).

饭盛挺造. 物理学[M]. 藤田丰八,译. 王季烈,重编. 上海:江南制造总局,1900—1903.

方恺. 代数通艺录[M]. 刻本. 阳湖:方宾穆,1890(清光绪十六年).

方行,汤志钧. 王韬日记[M]. 北京:中华书局,1987.

顾观光. 九数外录[M].《武陵山人遗书》本. 独山:莫氏,1883(清光绪九年).

国立编译馆. 物理学名词[M]. 北京:商务印书馆,1931.

国立编译馆. 物理学名词[M]. 北京:商务印书馆,1934.

华文广. 机械运动学[M]. 北京:商务印书馆,1935.

黄摩西. 普通百科新大词典(子集)[M]. 上海:中国词典公司,1911.

柯劭忞等. 续修四库全书总目提要(稿本):第二卷[M]. 济南:齐鲁书社,2001.

靖玉树. 中国历代算学集成:中[M]. 济南:山东人民出版社,1994.

李善兰. 火器真诀[M].《则古昔斋算学》本. 上海：金陵书局，1867(清同治六年).

李善兰，艾约瑟. 重学[M]. 南京：金陵书局，1866(清同治五年).

李善兰，艾约瑟. 重学[M]. 上海：美华书馆，1867(清同治六年).

马格纳. 力学课编[M]. 严文炳，初译，常福元，重订. 北京：学部编译局，1906.

杞庐主人. 时务通考[M]. 石印. 上海：点石斋，1897—1901.

南怀仁. 新制灵台仪象志[M]. 刘蕴德等，笔受//薄树人. 中国科学技术典籍通汇(天文七). 郑州：河南教育出版社，1998.

史砥尔. 格物质学[M]. 潘慎文，译. 上海：美华书馆，1899(清光绪二十五年).

王德毅等. 丛书集成续编[M]. 台北：新文丰出版公司，1889.

王韬，顾燮光等. 近代译书目[M]. 北京：北京图书馆出版社，2003.

王韬. 格致书院课艺[M]. 上海：富强斋，1898(清光绪二十四年).

伟烈亚力，王韬. 重学浅说[M]//王韬. 西学汇参六种. 上海：淞隐庐，1890(清光绪十六年).

学部审定科. 物理学语汇[M]. 北京：学部编译局，1908.

徐维则. 增版东西学书录[M]//王韬，顾燮光等. 近代译书目. 北京：北京图书馆出版社，2003.

佚名. 西学格致大全[M]. 香港：香港书局，1897(清光绪二十三年).

杨兆鋆. 须曼精庐算学[M]. 吴兴：嘉业堂，1916.

席淦等. 算学课艺[M]. 北京：京师同文馆，1880(清光绪六年).

中村清二. 近世物理学教科书[M]. 北京：学部编译局，1906(清光绪三十二年).

钟衡臧. 新中学物理教科书[M]. 上海：中华书局，1926.

诸可宝. 畴人传三编[M]. 刻本. 江阴：南菁书院，1886(清光绪十二年).

二、研究文献

安国风. 欧几里得在中国[M]. 纪志刚等，译. 南京：江苏人民出版社，2008.

巴葛爵士. 英国大学[M]. 上海：商务印书馆，1948.

白欣. 明清重心知识研究[D]. 呼和浩特：内蒙古师范大学，2003.

哈曼，米顿. 剑桥科学伟人[M]. 李佐文等，译. 保定：河北大学出版社，2005.

毕苑. 中国近代教科书研究[D]. 北京：北京师范大学，2004.

博伊德. 西方教育史[M]. 任宝祥、吴元训，译. 北京：人民教育出版社，1985.

BUTTS R E. William Wherrell's threory of scientific method [M]. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 1968.

查有梁. 牛顿力学的横向研究——纪念《自然哲学的数学原理》发表300年(1687—1987)[M]. 成都：四川教育出版社，1987.

查永平. 中西数学符号之比较与不同结局[J]. 科学技术与辩证法，1998(6)：39—43.

陈悦. 南怀仁《新制灵台仪像志》中力学知识之研究[D]. 北京：中国科学院研究生院，2005.

陈学恂. 中国近代教育史教学参考资料[M]. 北京：人民教育出版社，1987.

陈学恂. 中国近代教育文选[M]. 北京：人民教育出版社，2001.

戴念祖，老亮. 中国物理学史大系：力学史[M]. 长沙：湖南教育出版社，2001.

戴念祖. 20 世纪上半叶中国力学概况[J]. 力学与实践，2001(5)：69—71.

戴念祖. 中国科学技术史：物理学卷[M]. 北京：科学出版社，2001.

丹皮尔 W C. 科学史及其与哲学和宗教的关系[M]. 广西：广西师范大学出版社，2001.

WRIGHT D. Translating science: the transmission of western chemistry into Late Imperial China, 1840—1900[M]. Leiden: The Netherlands, 2000.

邓亮，韩琦. 《重学》版本流传及其影响[J]. 文献，2009(7)：151—157.

邓亮. 艾约瑟在华科学活动研究[D]. 北京：中国科学院自然科学史研究所，2002.

丁艳平. 休厄尔归纳思想再探[J]. 自然辩证法研究,2004(2):21—24.

丁艳平. 休厄尔科学哲学思想探究[D]. 广州:华南师范大学,2005.

杜石然. 中国科学技术史稿:下册[M]. 北京:科学出版社,1982.

范祥涛. 科学翻译影响下的文化变迁[M]. 上海:上海译文出版社,2006.

费正清等. 剑桥中国晚清史:上卷[M]. 北京:中国社会出版社,1985.

高红成. 西方数学在中国的传播与中算家的知识结构——以中算家的圆锥曲线说为例[D]. 北京:中国科学院自然科学史研究所,2007.

GILLISPLE, COULSTON C. Dictionary of science of scientific biography(vol. 14)[M]. NewYork: Scribner, 1970—1980.

韩晋芳. 关于《重学》版本的初步研究[J]. 哈尔滨工大学报:社会科学版,2007(5):7—12.

韩礼刚.《格物入门》和《格物测算》的物理学内容分析[D]. 呼和浩特:内蒙古师范大学,2006.

韩琦.《数理格致》的发现——兼论 18 世纪牛顿相关著作在中国的传播[J]. 中国科技史料,1998(2):78—85.

韩琦. 李善兰"中国定理"之由来及其反响[J]. 自然科学史研究,1999(1):7—13.

何兆武. 中西文化交流史论[M]. 武汉:湖北人民出版社,2007.

洪万生. 墨海书馆时期(1852—1860)的李善兰[G]//中国科技史论文集编写小组. 中国科技史论文集. 台北:联经出版事业股份有限公司,1995.

湖南省哲学社会科学研究所. 唐才常集[Z]. 北京:中华书局,1980.

LACKNER M, AMELUNG I, KURTZ J. New terms for new ideas: western knowledge and lexical change in Late Imperial China[G]. Leiden: Brill Academic Pub. ,2001.

劳厄 M V. 物理学史[M]. 北京:商务印书馆,1978.

LAUDAN L. Science and hypothesis: historical essays on Scientific Methodology [M]. Hingham: MA Canada by Kluwer, 1981.

黎难秋. 明清科技翻译大家的译德[J]. 中国科技翻译,1994(2):45—47.

黎难秋. 中国科学翻译史[M]. 合肥:中国科学技术大学出版社,2006.

黎难秋等. 中国科学翻译史料[M]. 合肥:中国科学技术大学出版社,1996.

黎难秋. 中国科学文献翻译史稿[M]. 合肥:中国科学技术大学出版社,1993.

李斌. 中国古代文献中的弹道学问题[J]. 自然辩证法通讯,1994(3):53—58.

李迪,查永平. 中国算学书目汇编[M]//吴文俊.《中国数学史大系》附卷第二卷. 北京:北京师范大学出版社,2000.

厉国青,刘金沂等. 颜家乐测量纬度方法及李善兰的改进[J]. 自然科学史研究,1993(2):128—135.

李迪. 十九世纪中国数学家李善兰[J]. 中国科技史杂志,1982(3):15—21.

李伟. 中国近代翻译史[M]. 济南:齐鲁书社,2005.

李文林. 数学的进化[M]. 北京:科学出版社,2005.

李亚舒,黄忠廉. 科学翻译学[M]. 北京:科学对外翻译出版公司,2004.

李俨,钱宝琮. 科学史全集:第八卷[M]. 沈阳:辽宁教育出版社,1998.

李媛. 顾观光与晚清时期的力学[D]. 北京:首都师范大学,2009.

李兆华. 晚清算学课艺考察[J]. 自然科学史研究,2006(4):322—342.

李兆华. 李善兰对数论的研究[J]. 自然科学史研究,1993(4):333—343.

刘树勇,李艳平等. 中国物理学史:近代卷[M]. 南宁:广西教育出版社,2006.

熊月之. 晚清西学书目提要[M]. 上海:上海书店出版社,2007.

骆炳贤. 中国物理学史大系:物理教育史[M]. 长沙:湖南教育出版社,2001.

罗见今. 李善兰恒等式的导出——纪念李善兰逝世一百周年[J]. 内蒙古师范大学学报:自然科学汉文版,1982(2):42—52.

罗见今.《垛积比类》内容分析[J]. 内蒙古师范大学学报:自然科学汉文版,1982(1):89—105.

刘钝. 别具一格的图解法弹道学——介绍李善兰的《火器真诀》[J]. 力

学与实践，1984(3)：60—63.

刘钝. 从徐光启到李善兰——以《几何原本》之完璧透视明清文化[J]. 自然辩证法通讯，1989(3)：55—63.

刘广定. 中文"化学"源起再考[G]//刘广定. 中国科学史论集. 台北：台湾大学出版中心，1979.

刘四平，朱良. 试论墨海书馆在传播西学中的作用[J]. 船山学刊，2002(1)：104—106.

罗伯中. 论休厄尔先验论科学哲学及其哲学史地位[J]. 池州学院学报，2008(6)：5—9.

MONTGOMERY S L. Science in translation: movements of knowledge through cultures and time[M]. Chicago: University of Chicago Press, 2000.

聂馥玲. 金陵版与美华版《重学》比较研究[J]. 内蒙古师范大学学报：自然科学汉文版，2010(1)：87—92.

祁映宏. 晚清时期中学物理教材概况及相关问题研究[J]. 物理教师，2007(9)：52—54.

乔曾锐. 译论：翻译经验与翻译艺术的评论和探讨[M]. 北京：中华工商联合出版社，2000.

丘光明，邱隆等. 中国科学技术史：度量衡卷[M]. 北京：科学出版社，2001.

人文出版社编委会. 科学大辞典：第一册，物理[M]. 台中：人文出版社，1928.

FISCH M, SCHAFFER S. William Whewell: A composite portrait [G]. Oxford: Clarendon Press, 1991.

YEO R. Defining science: William Whewell, natural knowledge, and public debate in early Victorian Britain[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1993.

ROBSON R, CANNON W F. William Whewell, F. R. S. (1794—1866) [J]. Notes and Records of the Royal Society of London, 1964(12): 168—191.

沈立平.《格致书院课艺》中的科学内容研究[D]. 上海：上海交通大

学,2009.

申先甲. 物理学史教程[M]. 长沙:湖南教育出版社,1987.

沈渭滨. 近代中国科学家[M]. 上海:上海人民出版社,1988.

施若谷. 晚清时期西方物理学在中国的传播及影响[J]. 自然辩证法研究,2004(7):85—88.

舒新城. 中国近代教育史资料[M]. 北京:人民教育出版社,1981.

孙子和. 清代同文馆之研究[M]. 台北:嘉新水泥公司文化基金,1977.

TODHUNTER I. William Whewell, D. D. Master of Trinity College Cambridge: an account of his writings with selection from his literary and scientific correspondences(2 vols) [M]. London: Macmillan and Co. ,1976:16.

屠国元,王飞虹. 论译者的译材选择与翻译策略取向——利玛窦翻译活动个案研究[J]. 中国翻译,2005(2):20—25.

汪晓勤. 艾约瑟——致力于中西科技交流的传教士和学者[J]. 自然辩证法通讯, 2001(5):74—96.

王冰. 19 世纪中期至 20 世纪初期中国和日本的物理学[J]. 自然科学史研究,1994(4):326—335.

王冰. 近代早期中国和日本之间的物理学交流[J]. 自然科学史研究,1996(3):227—233.

王冰. 明清时期(1610—1910)物理学译著书目考[J]. 中国科技史料,1986(7):3—20.

王冰. 我国早期物理学名词的翻译及演变[J]. 自然科学史研究,1995(3):215—226.

王冰. 中国物理学史大系:中外物理交流史[M]. 长沙:湖南教育出版社,2001.

王冰. 中外物理交流史[M]. 长沙:湖南教育出版社,2001.

王尔敏. 上海格致书院志略[M]. 香港:香港中文大学出版社,1980.

汪家熔,宋原放. 中国出版史料:近代部分[M]. 济南:山东教育出版社,2004.

王锦光,余善玲. 李善兰和他在物理方面的译著——纪念李善兰逝世一百周年[J]. 物理教师,1982(2):49—50.

王建军. 中国近代教科书发展研究[M]. 广州：广东教育出版社，1996.

王金铨. 从 Skopos 理论解读中国近代翻译中的变体现象[J]. 北京第二外国语学院学报，2000(6)：24—29.

王全来. 同文馆毕业生杨兆鋆及其数学工作[D]. 天津：天津师范大学，2001.

王燮山. 中国近代力学的先驱顾观光及其力学著作[J]. 物理，1989(1)：56—60.

王扬宗.《六合丛谈》中的近代科学知识及其在清末的影响[J]. 中国科技史料，1999(3)：211—226.

王扬宗. 晚清科学译著杂考[J]. 中国科技史料，1994(4)：32—40.

王渝生. 中国近代科学的先驱李善兰[M]. 北京：科学出版社，2000.

王渝生. 李善兰的尖锥术[J]. 自然科学史研究，1983(3)：266—288.

王振铎. 近现代中西方学术思想的立交桥——纪念王国维诞辰 120 周年[J]. 史学月刊，1998(1)：37—45.

文军. 科学翻译批评导论[M]. 北京：中国对外翻译出版公司，2006.

吴霞. 英国伦敦会传教士艾约瑟研究[D]. 福州：福建师范大学，2005.

武际可. 力学史杂谈(一)—(三)[J]. 力学与实践，1997(1)：64—66.

武际可. 力学史[M]. 重庆：重庆出版社，2000.

武际可. 近代力学在中国的传播与发展[M]. 北京：高等教育出版社，2005.

熊月之. 西学东渐与晚清社会[M]. 上海：上海人民出版社，1994.

Yibao X. The First Chinese Translation of the Last Nine Books of Euclid's Elements and Its Source[J]. Historia Mathematica, 2005(32): 4—32.

徐宗泽. 明清耶稣会士译著提要[M]. 北京：中华书局，1989.

闫春雨.《代微积拾级》的翻译出版及对晚清数学的影响[D]. 天津：天津师范大学，2008.

杨春梅. 英国大学课程改革与发展[M]. 北京：北京理工大学出版社，2006.

杨国荣. 科学的形上之维——中国近代科学主义的形成与衍化[M]. 上海：上海人民出版社，1999.

燕学敏.晚清数学翻译的特点——以李善兰、华蘅芳译书为例[J].内蒙古大学学报,2006(5):356—360.

闫志佩.李善兰和我国第一部《植物学》译著[J].生物学通报,1998(9):43—44.

杨自强.学贯中西——李善兰传[M].杭州:浙江人民出版社,2006.

叶斌.上海墨海书馆的运作及其衰落[J].学术月刊,1999(11):91—96.

尹苏.论近代科学家李善兰的科学文献翻译[J].上海科技翻译,1997(3):41—43.

咏梅.饭盛挺造《物理学》中译本研究[D].呼和浩特:内蒙古师范大学,2005.

于应机.中国近代科学的奠基人——科学翻译家李善兰[J].宁波工程学院学报,2007(3):56—60.

张柏春,田淼.传播与会通——《奇器图说》研究与校注[M].南京:江苏科学技术出版社,2008.

章清.晚清西学"汇编"与本土回应[J].复旦学报:社会科学版,2009(6):48—57.

赵栓林.对《代数学》和《代数术》术语翻译的研究[D].呼和浩特:内蒙古师范大学,2005.

张卜天.从古希腊到近代早期力学含义的演变[J].科学文化评论,2010(3):38—53.

邹小站.西学东渐:迎拒与选择[M].成都:四川人民出版社,2008.

中国大百科全书总编辑委员会物理学编辑委员会.中国大百科全书:力学卷[M].北京:中国大百科全书出版社,1988.

周振鹤.晚清营业书目[M].上海:上海书店出版社,2005.

邹振环.影响中国近代社会的一百种译作[M].北京:中国对外翻译出版公司,1996.

朱有瓛.中国近代学制史料[M].上海:华东师范大学出版社,1987.

朱维铮.梁启超论清学史二种[M].上海:复旦大学出版社,1985.

后　记

本书是在我的博士学位论文的基础上修订而成的。

大致在2007年5月份，还没有正式开始博士阶段的学习，导师郭世荣教授安排我参与《蒙古学百科全书》的编纂工作，在此期间与郭教授有较多的交流机会，受到郭教授关于晚清科学著作翻译的课题设想，和罗见今教授在研的教育部重大项目"晚清科学技术史研究"的启发，开始选定了晚清物理学史的研究方向，在查阅资料及与导师讨论的过程中逐步将研究对象锁定在了《重学》这样一部著作的翻译与传播的研究上。

2007年至2010年的三年期间，我体验了学术上求知的愉悦，成长的快乐，也感受了迷茫和顿悟，看看当时刚涉入这一领域时的一些笔记和粗浅的想法，再想想现在从我指尖流淌出的每一个文字，得益于各位恩师的悉心指导，受惠于众多亲友的热情关怀，一篇难免瑕疵但又见证了我三年奋斗历程的博士论文终于如期完成。又经过一年多的反复增补、修订，这部反复雕琢但仍有遗憾的书稿如今已经摆在面前。掩卷回首，心中充满无限感激。

首先我要感谢我的导师郭世荣教授。郭教授治学严谨，一丝不苟，从学风、文风、作风等方面都给了我一生受用的资源。通过搜集资料、修改论文、课题申请等多方面，郭教授传授给我研究方法和著述规范，指导了我如何选题，如何修辞和凝练文字。在三年的学习与研究中导师不仅给予了学术上的帮助，而且，特别是在最后一年紧张的论文写作中给予了精神上的支持。在后期书稿的增补、修改中更是付出大量的心血。没有导师的精心指导和关怀，我的论文的写作和后期的修改是难以完成的。

感谢内蒙古师范大学科学技术史研究院的罗见今教授、特古斯教授、

关晓武教授、邓可卉教授、仪德刚教授，他们不仅为我树立学者的典范，而且通过随时的交流给予我思想上极大的启发。感谢学院资料室赵栓林老师和办公室李莉老师的支持与帮助。

特别感谢代钦教授，在我论文写作和书稿修改期间，代教授在资料上给与了我无私的帮助，甚至为了我需要的一本书专门花时间上网搜寻、订购。

特别感谢清华大学的冯立昇教授，冯老师在百忙之中为我收集资料，并对该书的写作和修改提出宝贵意见。

还要特别感谢中国科学院自然科学史研究所张柏春研究员抽出宝贵的时间与我讨论书稿的相关问题，并为书稿的修改、完善提供了富有启发性的建议。并衷心感谢张柏春研究员为本书的出版所付出的所有心血。

同时也非常感谢中国科学院自然科学史研究所图书馆、内蒙古呼和浩特市教育学院图书馆特藏室、内蒙古师范大学图书馆特藏室的各位工作人员，他们为我调研资料提供了非常大的帮助。

特别需要感谢的是美国纽约市立大学的徐义保先生，他提供了《重学》的原著 *An Elementary Treatise on Mechanics* 的第三版和第五版，感谢王淼博士提供了该书第四版的目录，他们的无私的帮助是本书得以顺利完成的重要保障。感谢英国剑桥李约瑟研究所的古克礼先生、莫弗特先生、苏珊女士，对我在剑桥调研资料期间给予的大力帮助。

还需要感谢我的表妹，也是我的朋友陆颖光女士，她为本书处理了大量的图片，付出了大量的时间与精力，同时她的敬业与执著也给了我极大的鼓舞。

感谢我的家人，在我读博的三年中，当我为母亲、妻子、学生、老师等几种不同身份履行职责，身心疲惫时，他们为我分担了大量的家务，为我有足够的时间和精力写作提供了保证。感谢我的家人用最朴素和原始的方式给予了我勇往直前的动力。特别感谢我的丈夫赵铭远对我的理解与支持。他的支持使我抵制了各种诱惑与闲杂之心，安静地享受痛并快乐的简单生活。谢谢，衷心感谢你的理解与支持！感谢我的儿子，他对科学史的兴趣，某种程度更加坚定了我从事科学史研究的决心与信心。

感谢所有帮助和关心我的人！

聂馥玲

2010.4.18